

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION

Solución IP PBX en una NGN

Autores:

- Br. Héctor José Gómez Torres 2007-21503
- Br. Niels Ramón Cerda Siezar 2007-21361

Tutor:

Ing. Fernando Flores

Managua, Mayo 2019

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre y padre, por ser ellos el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones así como mí pequeña hija Mia Valentina quien ha sido mí más grande motivación y motor diario desde que nació. A mi compañero Héctor, porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.

Niels Cerda Siezar

Como guía fundamental de mi vida, dedico este trabajo a Dios todopoderoso, por ser Él quien conduce cada uno de mis pasos, a mis padres, porque son ellos, que con su esfuerzo y dedicación incondicional, me han apoyado hasta donde sus límites les han permitido a llegar hasta este importante logro en mi vida, y a mi amigo y compañero de trabajo, Niels, por su dedicación durante el transcurso de este proyecto investigativo.

Héctor Gómez Torres.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo analizar la solución IP PBX para sustituir la tecnología heredada E1 PRI dentro de una red de telecomunicaciones unificadas. La motivación para proponer esta solución es la incapacidad de E1 PRI para poder satisfacer las diversas demandas a nivel de usuario y operador dentro de la creciente tendencia de que todas las plataformas y servicios corran sobre una red NGN.

Se realizó una revisión de estudios, papers e investigaciones de distintos tipos de instituciones y autores interesados en las temáticas a tratar que son relevantes para nuestros puntos de investigación.

Gracias a la revisión de literatura relevante directamente relacionada con nuestro tema y análisis de las ventajas y desventajas de IP PBX en comparación con E1 PRI se permitió realizar las conclusiones necesarias para cumplir los objetivos del trabajo de investigación.

Esta tesis se plantea como un estudio para describir por qué es necesario sustituir la tecnología E1 PRI por IP PBX en una Next Generation Network.

DEDICATORIA.....	2
RESUMEN	3
TABLAS Y FIGURAS	10
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVO ESPECIFICO.....	14
III. JUSTIFICACIÓN	15
DESCRIPCION DEL PROBLEMA – MOTIVACIÓN	15
IV. MARCO TEÓRICO	16
CAPITULO 1: Tecnologías heredadas	16
1.1 Sistemas Analógicos	16
1.2 PSTN	20
1.2.1 Principios de PSTN	20
1.3 ISDN	21
1.3.1 Acceso básico BRI (Basic Rate Interface).....	24
1.3.2 PRI (Primary Rate Interface)	24
1.3.3 PBX.....	26
1.4 Sistema de señalización número 7 - SS7.....	27
1.4.1 Modelos de señalización	28

CAPITULO 2. Next Generation Networking o Red de Siguiente Generación (NGN)

..... 32

2.1 Definición 32

2.2 Características 32

2.3 Arquitectura NGN 34

2.3.1 Capa de conectividad primaria 36

2.3.2 Capa de acceso 37

2.3.3 Capa de servicio 37

2.3.4 Capa de gestión 38

2.4 Organizaciones normalizadoras 38

2.4.1 UIT 38

2.4.2 ETSI 38

2.4.3 ATIS 38

2.4.4 IETF 39

2.5 IMS 39

2.5.1 Definición 39

2.5.2 Desarrollo de 3GPP 40

2.5.2.1 3GPP R99 41

2.5.2.2 3GPP R4 42

2.5.2.3 3GPP R5 e IMS 42

2.5.3 Características principales de IMS	43
2.5.4 Estructura de la red IMS.....	44
2.5.4.1 Ubicación de CSCF en la red IMS.....	45
2.5.4.2 CSCF (Call Session Control Function)	46
2.5.4.3 P-CSCF	47
2.5.4.4 S-CSCF	48
2.5.4.5 I-CSCF	49
2.5.4.6 HSS (Home Subscriber Server)	50
2.5.4.7 AS (Application Server)	51
2.5.4.8 Otros Elementos de Red en IMS	52
2.6 MPLS	54
2.6.1 Definición	54
2.6.2 Descripción funcional de MPLS.....	55
2.6.3 Aplicaciones de MPLS	60
2.6.3.1 Ingeniería de tráfico.....	61
2.6.3.2 Clases de servicios (CoS)	63
2.6.3.3 Redes Privadas Virtuales (VPNs).....	64
Capítulo 3. SIP	68
3.1 Entidades SIP	69
3.2 Métodos y Respuestas SIP	70
3.2.1 Métodos SIP.....	70

3.2.2 Respuestas SIP	71
3.3 Funcionamiento del protocolo SIP	72
3.3.1 Inscripción a la red SIP	72
3.3.2 Establecimiento y liberación de sesión SIP	73
3.4 Extensiones del protocolo SIP	76
3.5 Interfuncionamiento entre SIP y RTC	77
3.6 Arquitectura de servicios SIP	79
3.6.1 Servidor de aplicación	79
3.6.2 El servidor de media SIP	81
3.6.3 Funcionalidades del servidor de media	82
Capítulo 4. Análisis técnico y comparativo de E1 PRI vs. IP PBX	84
4.1 Análisis Técnico	84
4.1.1 Tecnología E1 PRI	84
4.1.2 Tecnología IP PBX	85
4.2 Comparativa E1 PRI vs. IPPBX	92
4.2.1 Calidad de llamada	92
4.2.2 Costos	94
4.2.3 Seguridad	95
4.2.4 Funcionalidades	97
4.2.5 Desventajas de IP PBX respecto a E1 PRI.	99
Capítulo 5. Requerimientos de red para implementación de IPPBX.	100

5.1 Requerimientos de red del cliente	100
5.1.1 Requisitos de red para el sistema de voz de alta calidad	100
5.1.2 Lista de control para la evaluación e implementación de telefonía IP	102
5.1.3 Requisitos técnicos mínimos para implementación del PBX-IP	103
5.1.4 Equipos PBX-IP	104
5.1.5 Teléfonos IP	107
5.1.6 Softphones	107
5.1.7 Mensajería Unificada.....	108
5.1.7.1 Características	108
5.1.7.2 Funcionalidades	108
5.1.8 IVR	109
5.1.8.1 Componentes	109
5.1.8.2 Usos prácticos del IVR	109
5.2 Requerimientos de red del operador	111
5.2.1 Arquitectura IMS	111
5.2.3.1 CSCF	113
5.2.3.2 HSS.....	113
5.2.3.3 SBC.....	113
5.2.3.4 MGC / MGW.....	114
5.2.3.5 DNS/ENUM	114
5.2.3.6 AS	114

<i>Figura 1. PTR o Punto de Terminación de Red.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 2. Dispositivo FXO</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3. FXS /FXO.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4. Diagrama básico de la PSTN</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Canales que forman una interface BRI</i>	<i>24</i>
<i>Figura 6. Tipos de circuitos PRI ISDN</i>	<i>25</i>
<i>Figura 7. Estructura de una red con señalización SS7.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 8. Señalización asociada</i>	<i>28</i>
<i>Figura 9. Señalización no asociada</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Señalización cuasi-asociada</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11. Arquitectura SS7.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12. Comparación redes clásicas vs redes de nueva generación</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13. Arquitectura convergente de voz y datos de red de nueva generación</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Desarrollo de 3GPP.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 15. Estructura de red 3GPP R9 1</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16. Dominio CS en 3GPP R4</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17. 3GPP e IMS.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 18. Estructura de la red IMS</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19. Arquitectura de la red IMS.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 20. OSA (Open Service Architecture).....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 21. Interfaces IMS.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 22. Esquema funcional de MPLS</i>	<i>55</i>
<i>Figura 23. Detalle tabla de envío de un LSR.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 24. Ejemplo envío de paquete por LSP.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 25. Estructura cabecera genérica MPLS.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 26. Funcionamiento de una red MPLS</i>	<i>60</i>
<i>Figura 27. Comparación IGP vs. Ing. Tráfico 1</i>	<i>62</i>

Solución IP PBX en una NGN

<i>Figura 28. Mod. Superpuesto vs Mod. Acoplado.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 29. Entidades de una red SIP</i>	<i>69</i>
<i>Figura 30. Establecimiento y liberación de sesión SIP</i>	<i>74</i>
<i>Figura 31. Interfuncionamiento RTC/SIP</i>	<i>79</i>
<i>Figura 32 Esquema conexión E1 PRI.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 33 Esquema conexión IP PBX.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 34 Proceso de registro SIP</i>	<i>87</i>
<i>Figura 35 Establecimiento de sesión de llamada SIP</i>	<i>88</i>
<i>Figura 36 Finalización de llamada SIP</i>	<i>89</i>
<i>Figura 37 Arquitectura general IMS</i>	<i>111</i>
<i>Figura 38 Esquema de red para conexión IP PBX</i>	<i>113</i>
 <i>Tabla 1. Velocidad de canales.....</i>	 <i>22</i>
<i>Tabla 2. Comparación entre enlace T1 y E1</i>	<i>25</i>

I. INTRODUCCIÓN

Durante estos últimos años hemos visto como las telecomunicaciones han ido migrando a servicios más dependientes de la red de internet, inclusive dependientes de plataformas que prestan un servicio de telecomunicación “gratuito” que solo necesita tener una conexión a internet establecida, sin embargo, en un sentido más empresarial, las compañías continúan contratando conexiones más eficientes a los operadores para prestar un buen servicio a sus clientes, esto no quiere decir que este tipo de redes no estén avanzando también de manera técnica de cara al futuro.

En respuesta a esta necesidad, las operadoras han invertido en su red para que esta pueda brindar el servicio de IP PBX, una solución que viene a abrirse camino como la mejor alternativa para que las empresas migren su red telefónica a una tecnología más eficiente, barata y que proporciona mayores servicios que lo nuevos retos en telecomunicaciones demandan.

Debe resaltarse que la provisión de servicios de voz digitalizada sobre redes de datos que utilizan el protocolo IP es considerada por los expertos como la primera fase hacia una convergencia total de diversos servicios de telecomunicaciones a ser ofrecidos sobre una misma infraestructura y plataforma de red conocida como redes-todo-IP o “All-IP-Network”.

No obstante lo anterior, la prestación de servicios de telefonía sobre redes de datos basadas en el protocolo IP impone una serie de desafíos tecnológicos particularmente relacionados al tema de la calidad del servicio cuando se compara con la percepción de calidad actual que gozan las redes tradicionales de telefonía fija lo que hace más relevante la evaluación de dicha tecnología de datos desde el punto de vista de su impacto en la prestación de servicios de voz.

En la presente monografía, estaremos abordando los puntos claves de la solución IP PBX y explicando por qué esta tecnología en una red de telecomunicaciones unificadas es la mejor opción para dejar atrás la tecnología heredada E1 PRI, actualmente dominante en el mercado nicaragüense para prestar este tipo de servicio.

Capítulo 1: Tecnologías heredadas.

Capítulo 2: Next generation networks (NGN).

Capítulo 3: Session initiation Protocols

Capítulo 4: Análisis técnico y comparativo E1 PRI vs IP PBX

Capítulo 5: Requerimientos de red para implementación de IP PBX.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Proponer la tecnología IP PBX para sustituir la tecnología heredada E1 PRI, dentro de una red de telecomunicaciones unificadas.

OBJETIVO ESPECIFICO

- Analizar el funcionamiento técnico de la tecnología E1 PRI para entender sus limitaciones técnicas.
- Analizar el funcionamiento técnico de la tecnología IP PBX en una red IMS para conocer sus fortalezas y ventajas en una red de telecomunicaciones unificadas.
- Contrastar las ventajas de una IP PBX en comparación con la tecnología E1 PRI para entender por qué sustituir E1 PRI por IPPBX.
- Describir los requerimientos necesarios en la red para la implementación de la solución IP PBX.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA – MOTIVACIÓN

Con el pasar del tiempo la tecnología E1 PRI y su plataforma (RTC) vienen siendo un lastre para el resto de servicios ofrecidos en las distintas plataformas (IP, Móvil, HFC) dentro de un gran operador, es una tecnología que a pesar de ser robusta no satisface las diversas demandas de los usuarios y subutiliza los recursos de red del operador.

La tendencia de todas las plataformas y servicios en una NGN es que se monten sobre una red de transporte IP pero la incapacidad de poder lograr este objetivo con E1 PRI debido a que su funcionamiento no está basado en conmutación de paquetes sino en conmutación de circuitos la hace obsoleta al lado de IP PBX que está adaptada para funcionar en este ámbito.

La presente investigación se enfocará en contrastar funcionamiento, ventajas y desventajas de ambas tecnologías así como describir los requerimientos en una red NGN para implementar la sustitución de la tecnología E1 PRI por IP PBX.

IV. MARCO TEÓRICO

La sección teórica pretende dar una base esencial acerca de las distintas tecnologías presentes en esta tesis con el fin de entender los principios básicos de funcionamiento, estructuras, conceptos y características.

Esta sección está dividida en tres capítulos. En el primero explica que son las tecnologías heredadas; el segundo trata de las NGN (next generation networks) y el tercer capítulo aborda IP PBX.

CAPITULO 1: Tecnologías heredadas

El propósito de cualquier sistema básico de telecomunicaciones es comunicar dos usuarios, permitiendo la transmisión de la información entre ellos. Existen diversos tipos de redes de telecomunicaciones, tanto públicas como privadas. La telefonía pública consiste en una de las mayores redes de telecomunicaciones a nivel mundial, y se tomará como ejemplo introductorio, a los efectos de presentar los conceptos básicos de telefonía. Su arquitectura consiste en varios componentes, especializados en diferentes funciones. Estos son:

- El terminal telefónico
- Las redes de acceso
- La conmutación
- La transmisión y el transporte
- El sincronismo
- La señalización

1.1 Sistemas Analógicos

La red telefónica básica RTB, o en la literatura inglesa PSTN, fue creada para transmitir la voz humana. Tanto por la naturaleza de la información a transmitir, como por la tecnología disponible en la época en que fue creada, esta es de tipo analógico. Hasta hace poco se denominaba RTC o Red Telefónica Conmutada, pero la aparición del sistema RDSI (digital pero basado también en la conmutación de circuitos, ISDN por sus siglas en inglés), ha hecho que se prefiera utilizar la

terminología RTB para la primitiva red telefónica (analógica), reservando las siglas RTC para las redes conmutadas de cualquier tipo (analógicas y digitales); así pues, la RTC incluye la primitiva RTB y la moderna RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). RTB es en definitiva la línea que tenemos en el hogar o la empresa, cuya utilización ha estado enfocada fundamentalmente hacia las comunicaciones mediante voz, aunque cada vez más ha ido tomando auge el uso para transmisión de datos como fax, Internet, etc. [1]

Cada línea RTB tiene asignada una numeración específica (su dirección telefónica) y está físicamente construida por dos hilos metálicos (conocidos como par de cobre), que se extienden desde la central telefónica hasta la instalación del abonado (se conoce también como bucle de abonado). Cada central atiende las líneas de abonado de un área geográfica determinada. A su vez, las centrales telefónicas están unidas entre sí por sistemas más complejos y basados en tecnología digital. Esta unión de centrales constituye el sistema telefónico nacional que a su vez está enlazado con los restantes del mundo.

En los años 60 las centrales telefónicas, mayoritariamente analógicas, fueron transformando su tecnología a digital. Ello solventó diversos problemas, como lo relacionados con la degradación de la señal de voz y la imposibilidad de manejar gran cantidad de llamadas. Del mismo modo, la intención fue también hacer uso de tecnología digital en el bucle local pero, por motivos meramente económicos, el bucle local continuó siendo analógico. Finalmente, la medida que se adoptó fue la de hacer uso de tecnología digital en la comunicación entre las centralitas telefónicas, manteniendo el bucle local analógico, obteniéndose así los beneficios de la telefonía digital a un precio razonable. Esta medida dio lugar a lo que se conoce como RDI o Red Digital Integrada.

La situación actual para la RTB puede clasificarse como híbrida; lo normal es que la transmisión sea todavía analógica en los bucles de abonado de ambos extremos y digital en su tráfico entre centrales (esto requiere una doble conversión, analógico-digital y digital-analógico). Para su digitalización, la señal analógica es muestreada a 8.000 veces por segundo (8Khz.). El valor de cada muestra puede ser un valor entre

0 y 255 (puede ser representado por 1 byte -octeto-) lo que supone un flujo de datos de 8 KB/s o 64 Kb/s, la cual se denomina calidad de sonido telefónico.

Como hemos visto, se disponga de tecnología RDSI o analógica, se requiere de un enlace desde nuestro hogar hasta la central telefónica de nuestra zona. Es por ello que es de gran importancia conocer los dos tipos de conexiones telefónicas analógicas existentes, conocidas como FXS y FXO, es decir, los nombres de los puertos o interfaces usados por las líneas telefónicas y los dispositivos analógicos.

FXS: La interfaz Foreign eXchange Subscriber o FXS es el puerto por el cual el abonado accede a la línea telefónica, ya sea de la compañía telefónica o de la central de la empresa. En otras palabras, la interfaz FXS provee el servicio al usuario final (teléfonos, módems o faxes). [2]

Los puertos FXS son por lo tanto los encargados de:

Proporcionar tono de marcado.

Suministrar tensión (y corriente) al dispositivo final.

Para entender mejor el concepto piense en el caso de un hogar tradicional. La interfaz FXS es el punto donde se conectan los teléfonos del hogar. La interfaz FXS sería entonces la roseta de telefonía de la casa.

En la figura 1 se muestra un PTR o Punto de Terminación de Red, el cual separa la red interna del abonado y el cable exterior.



Figura 1. PTR o Punto de Terminación de Red.

FXO: La interfaz Foreign eXchange Office o FXO es el puerto por el cual se recibe a la línea telefónica. Los puertos FXO cumple la funcionalidad de enviar una indicación de colgado o descolgado conocida como cierre de bucle.

Un ejemplo de interfaz FXO es la conexión telefónica que tienen los teléfonos analógicos, fax, etc. Es por ello que a los teléfonos analógicos se les denomina “dispositivos FXO”, ver figura 2.



Figura 2. Dispositivo FXO

A modo de resumen se quiere destacar que dos puertos se pueden conectar entre sí con la condición de ser de distinto tipo, es decir, FXO y FXS son siempre pareja (similar a un enchufe macho/hembra).

Como podemos apreciar en la figura 3 siempre se conectan entre sí interfaces de distintos tipo, es decir, FXS con FXO o viceversa. El teléfono posee una interfaz FXO como se muestra en la imagen, el cual es conectado a la roseta de la compañía telefónica FXS.



Figura 3. FXS /FXO

1.2 PSTN

La Red Telefónica Pública Conmutada, mejor conocida por sus siglas en inglés PSTN (Public Switching Telephone Network), es una red global de conmutación de circuitos tradicional, diseñada principalmente para la transmisión de voz en tiempo real; la cual en un principio estaba basada únicamente en sistemas analógicos, POTS (Servicio de Telefonía Ordinario Antiguo). Actualmente, está compuesta, en su mayoría, por una serie de sistemas digitales de conmutación interconectados.

Su funcionamiento se basa en enlazar dos equipos terminales mediante un circuito físico, es decir, se cierra un conmutador al establecerse una llamada y este se abre al terminar la misma; PSTN dedica un circuito a la llamada, hasta que esta finalice, esto sin importar que los usuarios (transmisor y receptor) estén hablando o en silencio. [3]

1.2.1 Principios de PSTN

Como ya se había comentado, la PSTN en su origen, estaba basada en un sistema puramente analógico, el cuál fue transformándose en un sistema en su mayoría digital. El problema que hay con las señales analógicas, es que al ser puramente eléctricas con la distancia se van degradando, para reducir este problema se utilizan amplificadores, los cuáles no sólo amplifican la señal de la voz, sino también amplifican el ruido, imposibilitando en algunos casos la comunicación. En redes digitales, en lugar de utilizar amplificadores, se utilizan repetidores, los cuales no sólo amplifican la señal transmitida, también la limpian. Esto es posible, ya que la señal digital está basada en 1's y 0's, permitiendo decidir que bits se pueden transmitir y cuáles no.

La infraestructura básica de la PSTN a como se muestra en la figura 4, empieza con el bucle local (local loop), también conocido como línea de abonado o línea telefónica, es un circuito de acceso dedicado de 5 [km], que consta de un par cables de cobre los cuales conectan el teléfono de un usuario con la central telefónica más cercana (Central Office Switch), en donde se encuentran los conmutadores telefónicos. Las centrales telefónicas (CO) están conectadas por medio de troncales, los cuales son circuitos conmutados. Aunque hoy en día la conmutación y

la transmisión de datos es digital, la última milla o línea de abonado sigue siendo analógica.

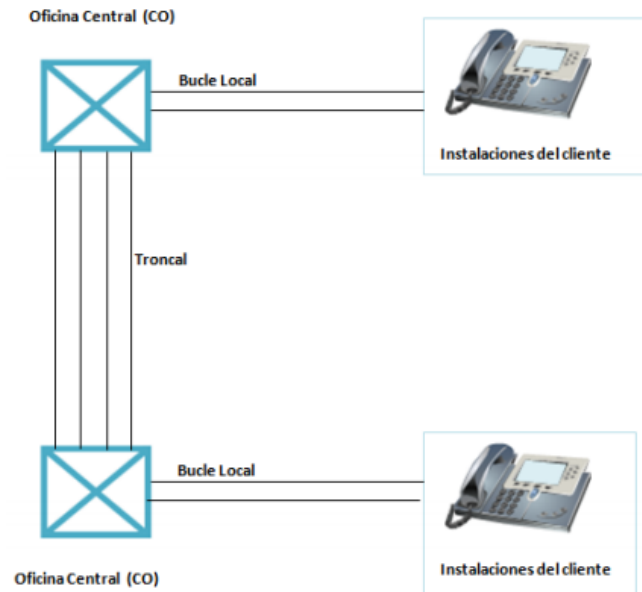


Figura 4. Diagrama básico de la PSTN

1.3 ISDN

La Red Digital de Servicios Integrados o RDSI es la evolución de las redes telefónicas actuales. Originalmente, todo el sistema telefónico estaba compuesto por elementos analógicos, y la voz era transportada por las líneas telefónicas modulada como una forma de onda analógica. Posteriormente aparecieron las centrales digitales, que utilizan computadores y otros sistemas digitales, además permiten controlar más líneas de usuarios y realizar las conexiones mucho más rápidamente. En estas centrales la voz se almacena y transmite como información digital, y es procesada por programas informáticos. A la vez que se desarrollan las centrales digitales, también se produce un cambio en la comunicación entre centrales, que también pasan a ser digital, lo que permite mejorar en gran medida la calidad de las comunicaciones. De esta forma, en la actualidad una comunicación por una línea telefónica convencional se realiza de forma analógica entre el equipo de un abonado y la central, pero de forma digital hasta llegar a la central donde está

conectado el abonado destino. La RDSI supone el último avance: la comunicación digital entre el abonado y su central telefónica. Esto resulta una comunicación digital de extremo a extremo que conlleva un gran número de ventajas y que soporta una gran variedad de servicios.

En otras palabras, la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN, por sus siglas en inglés) es una red digital de extremo a extremo que tiene la capacidad de proporcionar diferentes servicios con una calidad mayor que la proporcionada en la red telefónica, está definida en una serie de recomendaciones publicados por la ITU-T [20]. Utiliza un canal diferente para señalización y otro para transportar la voz. Los canales que transportan la voz se conocen como bearer o canales B, transmiten a una velocidad de 64 kbps, los canales utilizados para señalización y control se conocen como data channels o canales D con capacidad de transmisión de 16 kbps, este tipo de canales pueden ser utilizados para transportar datos cuando no son usados para control. Al combinar canales B se obtienen canales H, son utilizados para transportar datos pero a mayor velocidad.

Canal	Velocidad	Funciones
B	64 kbps	Transfiere información, y sean datos o voz.
D	16/64 kbps	Señalización y control. Transmisión de datos a baja velocidad.
H_0	384 kbps	Transmisión de datos a alta velocidad
H_{11}	1544 kbps	
H_{12}	2048 kbps	

Tabla 1. Velocidad de canales

Canal B. Los canales tipo B transmiten información a 64Kbps, y se emplean para transportar cualquier tipo de información de los usuarios, bien sean datos de voz o datos informáticos. Estos canales no transportan información de control de la RDSI. Este tipo de canales sirve, además, como base para cualquier otro tipo de canales de datos de mayor capacidad, que se obtienen por combinación de canales tipo B.

La velocidad de 64Kbps permite enviar datos de voz con calidad telefónica. Considerando que el ancho de banda telefónico es de 4KHz, una señal de esta calidad tendrá componentes espectrales de 4KHz como máximo, y según el teorema de muestreo se requerirá enviar muestras a una frecuencia mínima de $2 \cdot 4\text{KHz} = 8\text{KHz} = 8000$ muestras por segundo, es decir, se enviará un dato de voz cada $125\mu\text{seg}$. Si las muestras o datos de voz son de 8 bits, como es el caso de las líneas telefónicas digitales, se requieren canales de $8 \cdot 8000 \text{ bps} = 64\text{Kbps}$.

Canal D. Los canales tipo D se utilizan principalmente para enviar información de control de la RDSI, como es el caso de los datos necesarios para establecer una llamada o para colgar. Por ello también se conoce un canal D como "canal de control o señalización". Los canales D también pueden transportar datos cuando no se utilizan para control. Estos canales trabajan a 16Kbps o 64kbps según el tipo de servicio contratado.

Canales H. Combinando varios canales B se obtienen canales tipo H, que también son canales para transportar solo datos de usuario, pero a velocidades mucho mayores. Por ello se emplean para información como audio de alta calidad o vídeo.

Hay varios tipos de canales H:

- Canales H0, que trabajan a 384Kbps (6 canales B).
- Canales H10, que trabajan a 1472Kbps (23 canales B).
- Canales H11, que trabajan a 1536Kbps (24 canales B).
- Canales H12, que trabajan a 1920Kbps (30 canales B).

Existen dos tipos de métodos de acceso para ISDN, los cuales son ofrecidos a los abonados.

- BRI
- PRI

1.3.1 Acceso básico BRI (Basic Rate Interface)

El BRI a como se ve en figura 5 proporciona dos canales B y un canal D de 16Kbps multiplexados a través de la línea telefónica. De esta forma se dispone de una velocidad real para el manejo de la información de 128Kbps. Es el tipo de servicio que encaja en las necesidades de usuarios individuales. La Línea Digital ISDN-128Kbps es una aplicación de este acceso básico.

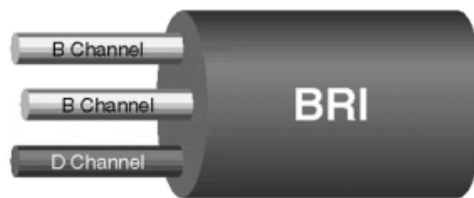


Figura 5. Canales que forman una interface BRI

1.3.2 PRI (Primary Rate Interface)

Acceso primario PRI (Primary Rate Interface) En EE.UU. suele tener 23 canales tipo B y un canal D de 64Kbps, alcanzando una velocidad global de 1536Kbps. En Europa el PRI consiste de 30 canales B, un canal D de 64Kbps para control y un canal D de 64Kbps para señalización, alcanzando una velocidad global de 2048Kbps. En el segundo caso, los canales B también pueden estar agrupados como 5 canales H0 o un canal H12. Este servicio lo contratan entidades con gran demanda, y una línea telefónica de este tipo suele estar conectada a una pequeña central local. El sistema HDSL fue desarrollado como una aplicación del acceso primario PRI.

Solución IP PBX en una NGN

La ventaja que tiene este enlace a como se mira en la figura 6 es que se pueden utilizar los canales B necesarios para transmisiones específicas, como audio, videoconferencias, etc. [4]

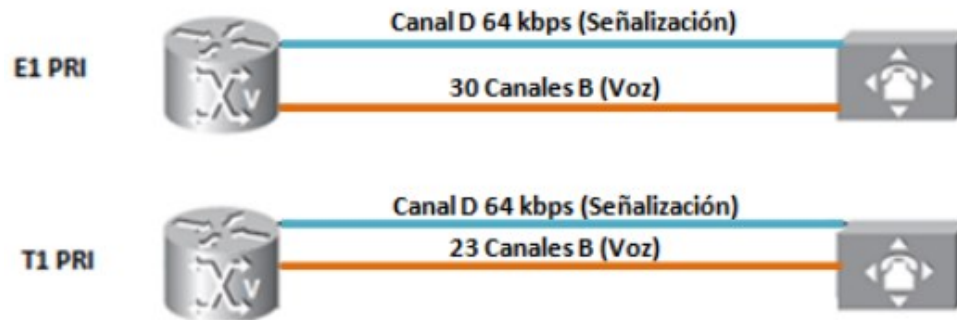


Figura 6. Tipos de circuitos PRI ISDN

Característica	T1 PRI	E1 PRI
Lugar dónde se utiliza	Norteamérica, Japón	Europa, Australia
Velocidad de bits (bit rate)	1.544 Mbps	2.048 Mbps
Ancho de banda	1.536 Mbps	1.984 Mbps
Número de canales	24	32
Número de canales para voz	23	30
Ancho de banda por canal	64 kbps	64 kbps
Canal utilizado para señalización	24	17
Protocolo de señalización	Q.931	Q.931

Tabla 2. Comparación entre enlace T1 y E1

1.3.3 PBX

Una central telefónica privada, PABX o centralita telefónica se refiere a un “ramal privado de conmutación automática”; son conmutadores automáticos que normalmente pertenecen a las empresas. Permiten interconectar diferentes ambientes mediante aparatos telefónicos, además de manejar las llamadas telefónicas mediante líneas o troncales de las compañías telefónicas públicas. Existen diferentes tecnologías, antiguamente las centrales eran analógicas para luego incorporar en sus partes tecnología digital, todo sin muchos cambios para el usuario, ahora tenemos la central telefónica IP, una central realmente digital.

PBX son las siglas de Private Branch Exchange. Una PBX se encarga de establecer conexiones entre terminales de una misma empresa, o de hacer que se cursen llamadas al exterior. Hace que las extensiones tengan acceso desde el exterior, desde el interior, y ellas a su vez tengan acceso también a otras extensiones y a una línea externa. Tenemos tres tipos principalmente de sistemas que pueden ser confundidos con una PBX:

- 1] Private Automatic Branch Exchange (PABX)
- 2] Private Automatic Exchange (PAX)
- 3] Computerized Branch Exchange (CBX)

El sistema encargado de establecer las conexiones, llamado CPU (Central Process Unity) controla, mediante un programa, las direcciones que debe tomar una llamada, la mejor ruta para la conexión, la facturación, etc.

Esas funciones son muy sencillas con métodos computarizados, pero si se trata de sistemas electromecánicos se convierte en una tarea muy difícil, por suerte para las telecomunicaciones esos sistemas electromecánicos son hoy una especie en extinción.

Algunas de las funciones que están disponibles en una PBX son:

- 1] Transferencia de llamadas
- 2] Sistema para conocer el estado de las extensiones
- 3] Sistema de espera: Hace que si alguien llama a una extensión ocupada, el

Solución IP PBX en una NGN

sistema haga esperar al llamante hasta que la extensión quede libre

4] Conferencias, que permite que llamadas del exterior lleguen a hablar con varias extensiones a la vez.

El sistema PBX conecta las extensiones internas dentro de una empresa y al mismo tiempo las conecta con la red pública conmutada, conocida también como PSTN (public switched telephone network).

Una de las tendencias más recientes en telefonía es la telefonía computarizada, paralelo al desarrollo de sistemas telefónicos que transmiten la voz por medio de la red de internet. Estos llevan el nombre de VoIP PBX ó IP PBX. [5]

1.4 Sistema de señalización número 7 - SS7

Estándar de señalización por canal común creado por la ITU-T y descrito en una serie de recomendaciones. Es utilizado para proveer señalización en la PSTN, permitiendo establecer llamadas, intercambiar información, enrutar, operar y tarifar servicios en una red inteligente.

Este protocolo es de gran utilidad en la tecnología VoIP, debido a que gracias a ella se puede interconectar con la PSTN. [6]

La estructura de una red de señalización SS7 está compuesta por puntos de señalización y enlaces de señalización según se muestra en la figura 7.

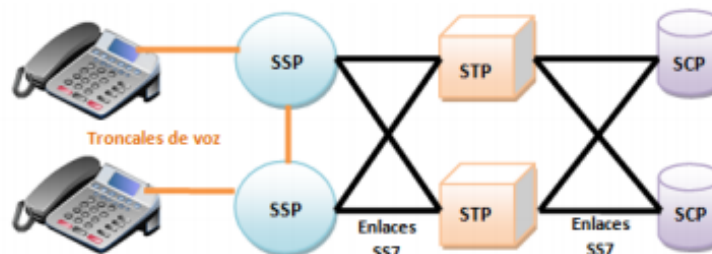


Figura 7. Estructura de una red con señalización SS7

Solución IP PBX en una NGN

- Punto de Conmutación de la Señalización (SSP): Son switches telefónicos en los que se establece, conmuta y finaliza una llamada. Se comunican con otros SSPs por medio de circuitos con mensajes de señalización para gestionar recursos de la red, es decir, conectar, desconectar y administrar llamadas de voz.
- Punto de Transferencia de la Señalización (STP): Provee acceso a la red, enruta o conmuta todos los mensajes de señalización en la red. Se comunica lógicamente con otros STPs, es decir, que no necesita de enlaces físicos para que se comuniquen, son configurados en pares y proveen de redundancia a la red.
- Punto de Control de la Señalización (SCP): Proporciona acceso a las bases de datos para obtener información de enrutamiento adicional, información de operación y mantenimiento de servicios adicionales.

1.4.1 Modelos de señalización

Existen tres tipos de modelos de señalización en una red con señalización SS7:

- Modo asociado: Los canales de señalización y de voz están directamente conectados entre dos puntos de conmutación de forma paralela a como se muestra en figura 8. Es adecuado para grandes cantidades de tráfico, ya que un canal de señalización SS7 puede administrar más de 2000 canales.

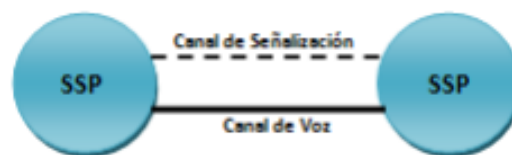


Figura 8. Señalización asociada

- Modo no asociado: Es el modo de señalización más utilizado por SS7. Los canales de voz pueden tener una conexión directa entre los puntos de conmutación, mientras que los mensajes de señalización se transmiten a

través de múltiples puntos de transferencia para llegar al SSP final a como indica la figura 9.

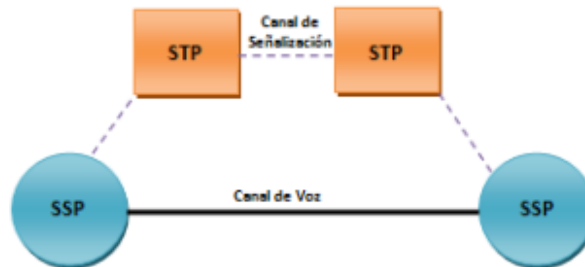


Figura 9. Señalización no asociada

- Modo cuasi-asociado: En este caso los mensajes de señalización se transmiten a través del mínimo número de puntos de transferencia posibles para llegar a su punto de conmutación final, esto lo podemos ver en la figura 10. Debido a que utilizan menos STPs que el modo no asociado, el retardo que introduce a la red es menor.

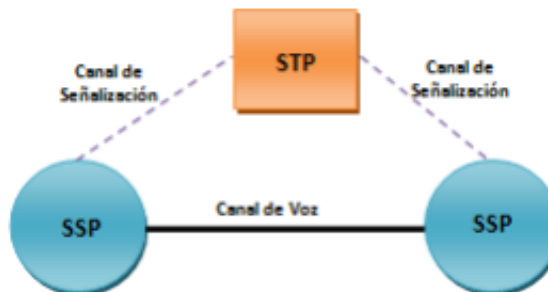


Figura 10. Señalización cuasi-asociada

1.4.2 Arquitectura de SS7

El protocolo de señalización SS7 se modela en cuatro niveles, ver figura 11.

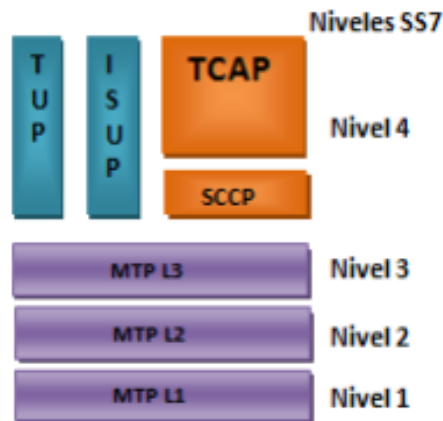


Figura 11. Arquitectura SS7

Protocolos utilizados por SS7.

- Parte de Usuario Telefónico, Telephone User Part (TUP): Proporciona los servicios básicos de telefonía.
- Parte de Usuario ISDN, ISDN User Part (ISUP): Es un protocolo orientado a la conexión, el cual se encarga de establecer, mantener y finalizar llamadas telefónicas entre dos nodos.
- Parte de Aplicación de capacidades de Transacción, Transaction Capabilities Application Part (TCAP): Define los protocolos utilizados para la comunicación entre las aplicaciones, permite la comunicación entre el nivel de aplicación y los niveles inferiores como MTP y SCCP enrutamiento entre las terminales.
- Parte de Control de Señalización, Signaling Connection Control Part (SCCP): Es un protocolo no orientado a conexión, provee direccionamiento y funciones adicionales a la MTP para transferir información entre las centrales en una red de señalización SS7 ya sea orientado a la conexión o no orientado a la conexión.

Solución IP PBX en una NGN

- Parte de Transferencia de Mensaje, Message Transfer Part (MTP): Es un protocolo de transferencia de mensajes, permite transmitir información de señalización a través de la red, está formado por tres niveles:
 1. Enlace de datos de señalización.
 2. Enlace de señalización.
 3. Red de señalización.

CAPITULO 2. Next Generation Networking o Red de Siguiete Generación (NGN)

Red de Siguiete Generación o Red Próxima Generación (Next Generation Networking o NGN en inglés) es un amplio término que se refiere a la evolución de la actual infraestructura de redes de telecomunicación y acceso telefónico con el objetivo de lograr la convergencia tecnológica de los nuevos servicios multimedia (voz, datos, video...). La idea principal que se esconde debajo de este tipo de redes es el transporte de paquetes encapsulados de información a través de Internet. Estas nuevas redes serán construidas a partir del protocolo Internet Protocol (IP), siendo el término "all-IP" comúnmente utilizado para describir dicha evolución. [7]

2.1 Definición

Al ser un término bastante amplio se conocen distintas definiciones pero por validez internacional y peso en el panorama de las telecomunicaciones se considera la definición dada por el Grupo de Estudio 13 del Sector de Normalización de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT –T) en la Recomendación Y.2001, que define una NGN como: “Red basada en paquetes que permite prestar servicios de telecomunicación y en la que se pueden utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha propiciadas por la QoS (Quality of Service), y en la que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Permite a los usuarios el acceso sin trabas a redes y a proveedores de servicios y/o servicios de su elección. Se soporta movilidad generalizada que permitirá la prestación coherente y ubicua de servicios a los usuarios” [1](OSIPTTEL. (2005). Redes de Próxima Generación (1) Estándares UIT-T)

2.2 Características

Según los lineamientos y estándares de la UIT, las características principales de las NGN, incluidas en la Recomendación Y.2001 son:

- La transferencia estará basada en paquetes
- Las funciones de control están separadas de las capacidades de portador, llamada/sesión, y aplicación/servicio

Solución IP PBX en una NGN

- Desacoplamiento de la provisión del servicio del transporte, y se proveen interfaces abiertas
- Soporte de una amplia gama de servicios, aplicaciones y mecanismos basados en construcción de servicios por bloques (incluidos servicios en tiempo real/de flujo continuo en tiempo no real y multimedia).
- Tendrá capacidades de banda ancha con calidad de servicio (QoS) extremo a extremo
- Tendrá interfuncionamiento con redes tradicionales a través de interfaces abiertas
- Acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios
- Movilidad generalizada
- Diferentes esquemas de identificación
- Características unificadas para el mismo servicio, como es percibida por el usuario
- Convergencia entre servicios fijos y móviles
- Independencia de las funciones relativas al servicio con respecto a las tecnologías subyacentes de transporte
- Soporte de las múltiples tecnologías de última milla
- Cumplimiento de todos los requisitos reglamentarios, por ejemplo en cuento a comunicaciones de emergencia, seguridad, privacidad, interceptación legal, etc. [2](OSIPTTEL. (2005). Redes de Próxima Generación (1) Estándares UIT-T)

Estas características, se enfocan en la necesidad de ver al usuario como un cliente potencial, cuya demanda debe ser atendida a través de nuevas herramientas tecnológicas, que le reporten beneficios en términos de costos, calidad de los servicios prestados y diversidad de servicios.

En cuanto a la tecnología aplicada a las NGN, ésta se basa en una nueva arquitectura, donde los servicios ya no están integrados verticalmente. Esta plataforma es conocida como IMS (Internacional Protocol Multimedia System), la cual permite la convergencia de servicios de texto, datos, video y multimedia. Entre

Solución IP PBX en una NGN

los beneficios para el usuario, se pueden destacar: una red básica de acceso independiente y una red para voz y datos que permite servicios multimedia integrados[3] (Organización de los Estados Americanos. Comisión Interamericana de Telecomunicaciones. (2004). Informe Taller sobre Redes de Próxima Generación. Documento Informativo.). Lo anterior evidencia que la convergencia de red y servicios, es un aspecto central de las NGN, que permite establecer redes de acceso al usuario final a gran escala, que exige la creación de una nueva gama de actividades en las cuales las empresas antes no tenían ingerencia, y que crea una nueva cultura empresarial.

2.3 Arquitectura NGN

En una red clásica con tráfico de aplicaciones de datos y de valor agregado como la voz o el video, existe una frontera definida que separa dos dominios diferentes [11]:

- Dominio de sistemas TDM
- Dominio de sistemas IP

Los sistemas TDM constituyen el grupo de centrales de conmutación que agregan tráfico desde los abonados hacia el resto de las etapas.

Los sistemas IP constituyen el grupo de centrales de conmutación que también agregan tráfico desde los abonados cuyo elemento básico es el paquete de datos hacia el resto de las etapas en lo que es conocido como capa de transporte. Cuando ambos sistemas funcionan en forma simultánea y autónoma tendremos los sistemas independientes para los servicios digitales básicos de voz (o de voz y video digitalizados en las redes ISDN) y otro para los servicios digitales de datos.

Cuando ambos sistemas interactúan mutuamente mediante dispositivos denominados routers con interfaces PSTN tendremos los servicios de datos sobre redes conmutadas públicas.

En estas redes clásicas se tienen algunos servicios pero cada sistema que lo compone maneja una arquitectura propia e independiente, que impide el tratamiento y administración global de la información de extremo a extremo. Así mismo, los sistemas de facturación, asignación y gestión de los servicios, y los del manejo de la

calidad de servicio por lo general son esencialmente independientes y autónomos dentro de cada dominio.

Por el contrario en las NGN a como se mira en la figura 12 existe un único elemento básico que es el paquete de información y todo el sistema está diseñado para su administración, acceso, transporte y conmutación de extremo a extremo y basado en una única tecnología.

El sistema NGN está concebido para tratar tanto sea paquetes de voz, como de datos o de video en forma totalmente transparente en una arquitectura única de extremo a extremo. Adicionalmente, la facturación, la asignación y gestión de servicios, el manejo de la calidad de servicio y la planificación de la red se realiza sobre un sistema completo único para el dominio.



Figura 12. Comparación redes clásicas vs redes de nueva generación

En la figura 13 se muestra una arquitectura NGN de red convergente de voz y datos. La arquitectura puede descomponerse en varias capas: conectividad de núcleo, acceso (access) y

equipo del local del cliente (Customer Premise Equipment = CPE), y gestión (management).

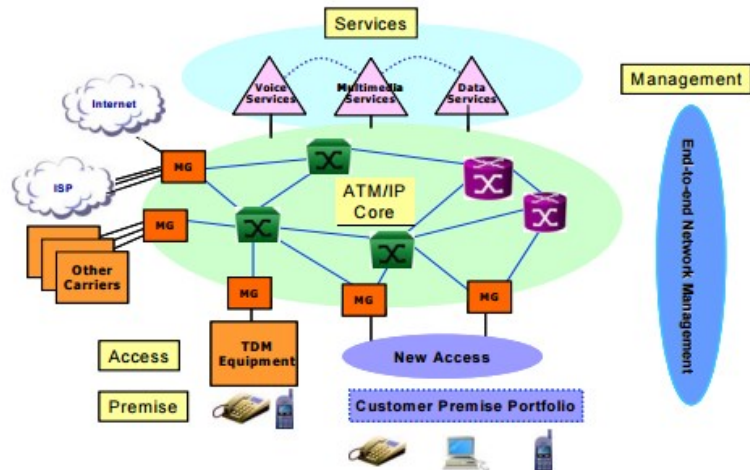


Grafico 2. Arquitectura Convergente de voz y datos de Red de Nueva Generación¹³.

Management: Gestión
MG: Media Gateway (pasarela de medios)
End-to-End Network Management: Gestión de red de extremo a extremo
ATM/IP Core: Núcleo ATM/IP
Other Carriers: Otras empresas de comunicaciones
Premise: Local (del cliente)
Customer Premise Portfolio: Cartera del local del cliente.

Figura 13. Arquitectura convergente de voz y datos de red de nueva generación

2.3.1 Capa de conectividad primaria

La capa de conectividad de núcleo proporciona el encaminamiento y conmutación general del tráfico de la red de un extremo de ésta al otro¹⁴. Está basada en la tecnología de paquetes, ya sea ATM o IP, y ofrece un máximo de flexibilidad. La tecnología que se elija dependerá de las consideraciones comerciales, pero la transparencia y la calidad del servicio (QoS) deben garantizarse en cualquier caso, ya que el tráfico de los clientes no debe ser afectado por perturbaciones de la calidad, tales como las demoras, las fluctuaciones y los ecos. Al borde de la ruta principal de paquetes están las denominadas pasarelas (media gateway=MG): su función principal es adaptar el tráfico del cliente y de control a la tecnología de la NGN. Las pasarelas se interconectan con otras redes, en cuyo caso son llamadas pasarelas de red, o directamente con los equipos de usuarios finales, en cuyo caso se las denomina pasarelas de acceso. Las pasarelas interfuncionan con los componentes de la capa de servicio, usando protocolos abiertos para suministrar servicios existentes y nuevos.

2.3.2 Capa de acceso

La capa de acceso incluye las diversas tecnologías usadas para llegar a los clientes. En el pasado, el acceso estaba generalmente limitado a líneas de cobre a través de canales DS1/E115. En las NGN se observa una multiplicidad de tecnologías que han surgido para resolver la necesidad de un ancho de banda más alto, y para brindar a las empresas competidoras de comunicaciones un medio para llegar directamente a los clientes. Los sistemas de cable, xDSL e inalámbricos se cuentan entre las soluciones más prometedoras que están creciendo e introduciendo innovaciones rápidamente. El equipo del local del cliente, ya sea de su propiedad o arrendado, proporciona la adaptación entre la red de la empresa explotadora y la red o equipo del cliente. Puede tratarse de un simple teléfono, pero podemos apreciar una migración progresiva hacia dispositivos inteligentes que pueden trabajar con servicios tanto de voz como de datos.

2.3.3 Capa de servicio

Esta capa contiene el sistema que proporciona los servicios y aplicaciones disponibles a la red. Los servicios se ofrecerán a toda la red, sin importar la ubicación del usuario¹⁶. Dichos servicios serán tan independientes como sea posible de la tecnología de acceso que se use. El carácter distribuido de la NGN hará posible consolidar gran parte del equipo que suministra servicios en puntos situados centralmente, en los que pueda lograrse una mayor eficiencia. Además, hace posible distribuir los servicios en los equipos de los usuarios finales, en vez de distribuirlos en la red. Los tipos de servicio que se ofrecerán abarcarán todos los de voz existentes, y también una gama de servicios de datos y otros servicios nuevos de medios múltiples.

2.3.4 Capa de gestión

Esta capa, esencial para minimizar los costos de explotar una NGN, proporciona las funciones de dirección empresarial, de los servicios y de la red. Permite la provisión, supervisión, recuperación y análisis del desempeño de extremo a extremo necesarios para dirigir la red.

2.4 Organizaciones normalizadoras

2.4.1 UIT

A principios de 2002, la UIT empezó a trabajar con las normas NGN. A partir de entonces, se han organizado varios talleres sobre NGN a fin de tratar de asuntos que afectan tanto a la UIT como a otras organizaciones normalizadoras. Dos años después, la UIT estableció un grupo temático FGNGN (Focus Group on Next Generation Networks) para trabajar en relación con redes fijas y móviles, así como la calidad del servicio en DSL, la autenticación, seguridad y señalización. Actualmente, varias comisiones de estudio del UIT-T, tales como la 2, 11, 13 y 19, se ocupan de trabajos de normalización, mientras que la comisión 13 trata concretamente relativo a NGN.

2.4.2 ETSI

El ETSI17 contempla las cuestiones de normalización de las NGN desde 2001. El comité técnico TISPAN (The Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks) está a cargo de todos los aspectos de la normalización para redes convergentes actuales y futuras, incluido el Protocolo de Transmisión de la Voz por Internet (VoIP) y las NGN. El TISPAN eligió el IMS GPP3 versión 6 para que sea la base del servicio SIP en las redes fijas.

2.4.3 ATIS

La ATIS18 ha producido un marco de NGN con requisitos de alto nivel y principios rectores. La primera parte de dicho marco se refiere a las definiciones requeridas y la arquitectura de las NGN para que las nuevas redes se conecten sin interrupciones con los sistemas de comunicaciones. La segunda parte documenta las fases y prioridades de las capacidades de las redes para que las NGN y sus servicios de introduzcan de manera coherente. La ATIS ha colaborado con el UIT-T,

Solución IP PBX en una NGN

TISPAN y 3GPP para formular una perspectiva general coherente de las NGN. La ATIS favorece la arquitectura IMS, y la considera la tecnología apropiada para respaldar nuevos servicios de valor añadido.

2.4.4 IETF

El Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (Internet Engineering Task Force: IETF) no trabaja con las NGN como tema individual, pero sus grupos de trabajo tienen la responsabilidad de formular o extender los protocolos existentes para cumplir requisitos tales como los convenidos para las NGN en otros organismos normalizadores. Algunas de las actividades de normalización realizadas por el IETF respecto de las NGN son el SIP (Session Initiation Protocol: protocolo de iniciación de sesiones), el MEGACO (Media Gateway Control: protocolo de control de pasarelas de medios), la SIPPING (Session Initiation Proposal Investigation: investigación de propuesta de iniciación de sesiones), el NSIS (Next Steps in Signaling: próximos pasos en la señalización), el IPv6, la MPLS (Multiprotocol Label Switching: conmutación por etiquetas multiprotocolo), la ENUM (Telephone Number Mapping: correspondencia de números telefónicos), etc.

2.5 IMS

2.5.1 Definición

IMS: IP Multimedia Subsystem (3GPP TS 23.002)

IMS en sus siglas en inglés significa - IP Multimedia Subsystem -, es decir, subsistema multimedia basada en la red de transporte IP.

El Subsistema IM comprende todos los elementos de CN para aprovisionamiento de servicios multimedia en IP abarcando audio, video, texto, etc. además de combinarlos para ser llevados a través de un dominio PS. Las entidades relacionadas al IMS son CSCF, MGCF, MRF, etc.

IMS soporta acceso independiente para proveer más paquetes de servicio competitivos, tales como:

Modos de acceso múltiples:

Solución IP PBX en una NGN

· Red móvil: WiMax, LTE/SAE, GSM/WCDMA/CDMA/TD-SCDMA.

· Red fija: LAN, WLAN, xDSL.

Servicios multimedia IP:

· Servicio de Sesión: Voz, Video-llamada, Conferencia, Mensajes.

· Servicio de No-Sesión: IPTV/ Media, Web.

Utiliza el protocolo SIP (Protocolo de Inicio de Sesión) como protocolo central para el control de sesión. SIP es un protocolo simple y flexible para crear, modificar y terminar sesiones; además que trabaja de forma independiente a otros protocolos de transporte. [8]

2.5.2 Desarrollo de 3GPP

IMS como solución se introdujo en la tercera generación 3GPP del proyecto de colaboración R5 (3GPP R5), para integrar las ventajas de Internet y de redes móviles, la evolución de 3GPP se muestra en la figura 14. De la figura 14, se indica que el 3GPP R5 provee IMS.

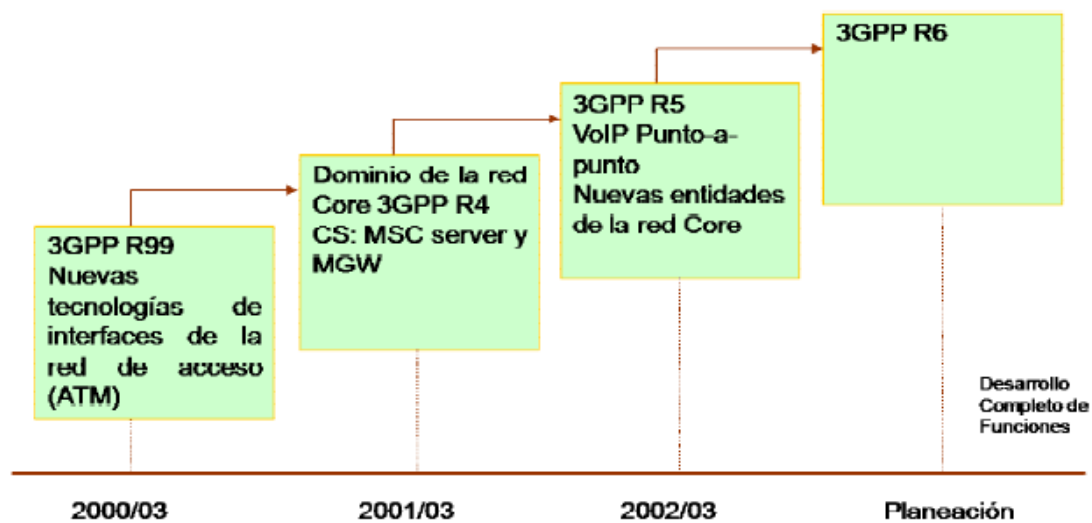


Figura 14. Desarrollo de 3GPP

2.5.2.1 3GPP R99

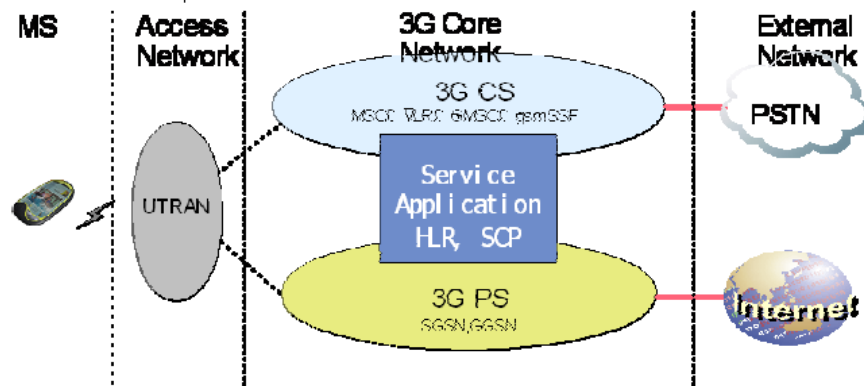


Figura 15. Estructura de red 3GPP R9 1

Comparado con GSM 2G y GPRS 2.5G, WCDMA R99 tiene las siguientes características:

- Herencia de la estructura de red de GSM
- División en dominio CS y dominio PS
- Dominio CS basado en TDM y dominio PS basado en IP para servicio de datos en no tiempo real
- Introducción de una nueva interfaz para la red de acceso
- Adopción de transferencia por paquetes para WCDMA
- Introducción de las interfaces: Iub, Iur, Iu basadas en ATM

De Junio del 2000 a Junio del 2002, todas las funciones de R99 son completadas y verificadas a como se puede observar en la figura 15.

Las funciones de R99 pasan las verificaciones comerciales de NTT DoCoMo y de otros operadores de red.

2.5.2.2 3GPP R4

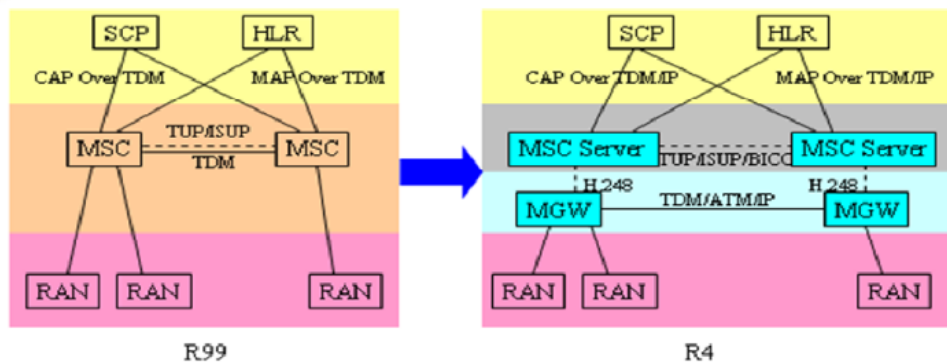


Figura 16. Dominio CS en 3GPP R4

R4 es originado desde R00. Éste fue propuesto desde 1999 pero no pudo ser finalizado hasta agosto del 2000, así R00 fue renombrado a R4 y R5.

Comparado con R99, el dominio CS R4 presenta un gran cambio, esto es, el plano de portadora y el plano de control están separados. Adicionalmente, R4 soporta ATM/IP/TDM.

La estructura de red del dominio PS R4 es consistente con R99; sin embargo, SS7 R4 puede soportar IP y otras funciones. En el lado de la red de acceso, R4 solo es optimizado sin adicionar nuevas funciones a como se mira en la figura 16.

2.5.2.3 3GPP R5 e IMS

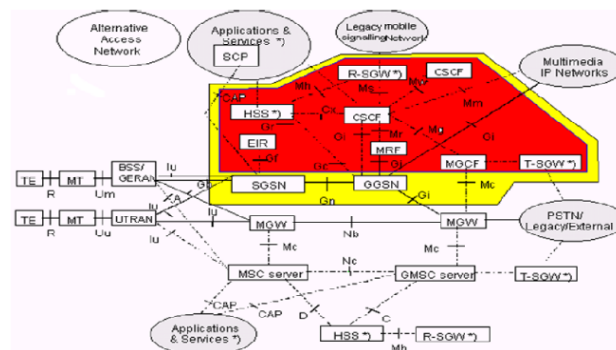


Figura 17. 3GPP e IMS

Solución IP PBX en una NGN

R5 provee el IMS, el cual es agregado en el dominio PS de la red Core. La mayoría de las funciones de IMS son realizadas a través del plano de control; sin embargo, la función de portadora es realizada a través del dominio PS.

IMS es desarrollado para conseguir, aún más, la separación del plano de control y del plano en el dominio CS R4 a como muestra la figura 17.

3GPP R5 tiene las siguientes características:

- Hereda todas las funciones y servicios de WCDMA R4
- La red Core es dividida en dominio CS y dominio PS. El IMS es agregado al dominio PS. La estructura de red del dominio CS es consistente con la de R4.
- Se mejora la Calidad de Servicio (QoS) en IP.
- Se proveen más y mejores servicios.

R5 implementa la propuesta “ALL IP” de 3GPP. Todos los mensajes de señalización son procesados a través de la tecnología IP, y de esta forma, la tecnología IP cambiará el flujo de llamada actual.

IMS no fue desarrollado por completo en R5, por lo que la IMS (fase 2) es mejorada en R6 para conseguir la funcionalidad “ALL IP” por completo.

2.5.3 Características principales de IMS

IMS es provisto por R5. IMS 3GPP está orientado a proveer las aplicaciones y servicios multimedia consolidados en IP mediante la separación de los servicios de voz y los servicios de datos.

· 3GPP IMS usa el dominio PS como un canal de portadora para la capa superior de la señalización de control y transmisión multimedia. Su red de control/servicio y su red de portadora son desarrolladas de forma separada.

· IMS usa la señalización SIP como señalización para control de las llamadas. Soporta al sistema móvil SIP y trabaja en conjunto con H.323/BICC/ISUP a través de MGCF e IMMGW.

- ## QoS, movilidad, y auto-configuración de IPv6.

- IMS resuelve algunos de los problemas de servicios IP encontrados por los operadores tales como: servicios de red, seguridad, facturación, interconexión, e interoperabilidad. [9]

The diagram illustrates the IP Multimedia Network Architecture, showing the integration of IP Multimedia Networks with Legacy mobile signaling Networks.

IP Multimedia Network (Top Section):

- Core Components:** IMS-MGW, MGCF, CSCF, HSS, SLF, P-CSCF, and UE.
- Interfaces:** Mb, Mh, Mp, Mj, Mk, Mw, Mx, G1, G2, Gn.
- Signaling:** The network uses SIP (Session Initiation Protocol) for signaling, indicated by the 'SIP' label.
- Legacy mobile signaling Networks (Bottom Section):**
 - UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network):** Connected to the IP Multimedia Network via Iu-PS and Iu-CS interfaces.
 - MSC (Mobile Switching Center):** Connected to the IP Multimedia Network via Iu-CS interface.
 - PS Domain (Packet Switched Domain):** Connected to the IP Multimedia Network via Iu-PS interface.
 - WLAN or IP-CAN (Wireless Local Area Network or IP-based Content Access Network):** Connected to the IP Multimedia Network via Iu-PS interface.

The diagram shows how IP Multimedia services can be provided over both IP and legacy networks, with the IP Multimedia Network acting as a central hub for communication.

Figura 18. Estructura de la red IMS

Elementos de Red según figura 18:

- CSCF:
- Ø P-CSCF

- HSS
- SLF
- BGCF (PSTN)
- MGCF/IM MGW (CS)
- MRFC/MRFP
- AS
- PDF/PEF

2.5.4.1 Ubicación de CSCF en la red IMS

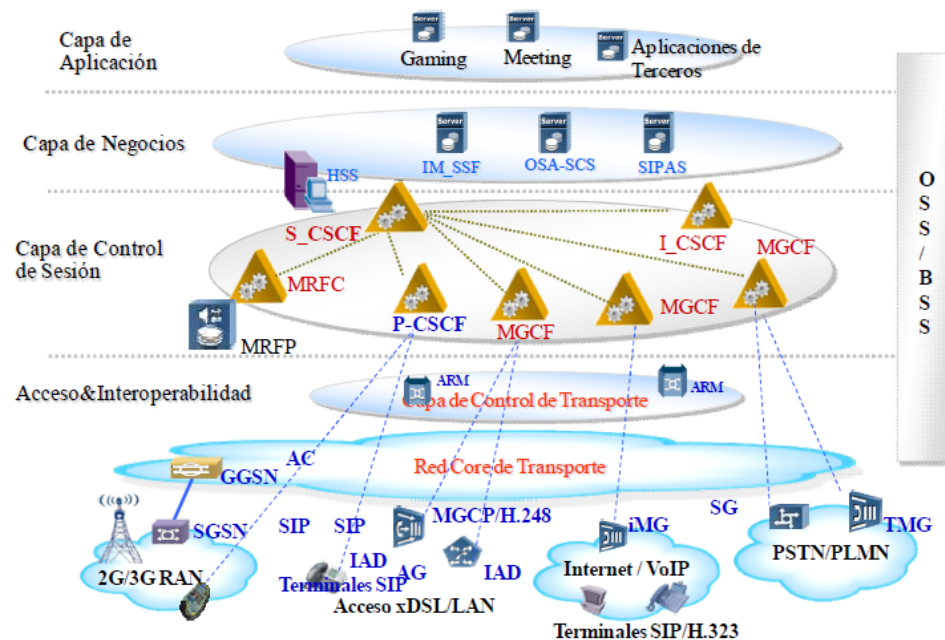


Figura 19. Arquitectura de la red IMS

La Figura 19 muestra las diferentes capas que conforman una red IMS, cada una de ellas está conformada por distintas entidades funcionales que vienen indicadas con acrónimos, por ejemplo, al analizar la capa de control de sesión, las entidades funcionales serían: S-CSCF, MRFC, P-CSCF, BGCF, etc. Es posible dirigirse a ellas como entidades funcionales porque cada una tiene una función específica. Algunas de estas entidades pueden interconectarse con entidades o terminales de otras capas siguiendo protocolos como SIP, H.248, etc.

Las características principales de cada capa son las siguientes:

Capa de Aplicación:

Provee la aplicación desarrollada por un tercero de confianza.

Ejemplo: Centro de Juegos, Centro de Conferencia, Aplicaciones empresariales, etc.

Capa de capacidad de servicio:

Provee las diferentes capacidades de servicio, las cuales son mayormente servidores de aplicación y servidores de recursos.

Ejemplo: Mensajería instantánea/Presencial/Grupal/PoC (Push-to-talk over Cellular)/Servicios

de telefonía en general.

Capa de Control de Sesión:

Tiene como funciones el control de llamada, administración de usuarios, activación de servicios, control de recursos, interoperabilidad con la red actual. Y la encontramos en las siguientes entidades funcionales que conforman la red IMS: P/I/S-CSCF, MRFC, AGCF/MGCF.

Capa de Acceso y Transporte:

-Permite el acceso al usuario vía: GPRS/UMTS/CDMA/WiFi/xDSL/LAN.

-Conecta el IMS a la red actual vía protocolos: PSTN/PLMN/H.323/SIP/VoIP.

-Controla los recursos de transporte IP vía: ARACF/ SPDF/ PDF.

2.5.4.2 CSCF (Call Session Control Function)

· CSCF puede ser dividido en tres tipos:

- P-CSCF (Proxy CSCF):

Solución IP PBX en una NGN

P-CSCF es el primer punto de conexión entre la red IMS y los suscriptores. Provee la función de proxy, esto es, acepta las solicitudes de servicio y las reenvía. También, puede proveer la función de UA (User Agent), esto es, desconecta y crea sesiones SIP en condiciones anormales.

- [S-CSCF (Serving CSCF)

S-CSCF funciona como una parte de control de la red Core de IMS. Es responsable del registro, autenticación, y control de sesión de los UEs, realiza la función de ruteo de sesión básica de los suscriptores IMS (partes llamantes y partes llamadas), activa las rutas de servicio de valor-añadido hacia el AS y realiza la interacción de control de servicio de acuerdo a las reglas del activador IMS.

- I-CSCF (Interrogating CSCF)

I-CSCF es un nodo Gateway de CSCF. Provee funciones tales como asignación de nodos de servidor, rutas de consulta, y ocultamiento de la topología entre-IMS.

Físicamente, P-CSCF, S-CSCF, e I-CSCF pueden ser combinadas. Actualmente, estos deben ser divididos en base al modo de acceso de IMS, a la capacidad CSCF, tráfico, etc.

2.5.4.3 P-CSCF

- P-CSCF es el ingreso al dominio IMS, dominio de visita, y plano de control. Este transfiere los mensajes SIP (tales como registro y sesión multimedia) a S-CSCF de acuerdo al evento registrado de I-CSCF de acuerdo al nombre de dominio incluido en UA SIP.
- P-CSCF puede comprimir y descomprimir los mensajes SIP entre las terminales SIP IMS para incrementar la utilización del ancho de banda de la interfaz de aire.
- P-CSCF traduce los mensajes SDP del plano de usuario durante el proceso de establecimiento de la sesión, realiza interacciones con PDF basándose en Diameter y las estrategias de QoS, y notifica a PDF de los requerimientos de portadora QoS

Solución IP PBX en una NGN

(tales como ancho de banda, tiempo de retardo, y nivel de jitter). Entonces, PDF transfiere la estrategia de QoS a la capa de convergencia de acceso IP o al router de borde para realizar la estrategia a través de COPS. De esta manera, éste puede proveer las funciones de autenticación y autorización para los recursos de IP QoS de la red de acceso local, y para asegurar aún más el QoS en el modo extremo-a-extremo de IMS. También, éste puede notificar a PDF para liberar recursos en la portadora IP y en los planes de control.

- P-CSCF es responsable de generar los CDRs correspondientes a las sesiones IMS, asociar la red de acceso con la información de facturación en IMS, y enviar los CDRs a CCF a través de Diameter.

- P-CSCF sirve como UA SIP para terminar las sesiones y generar mensajes SIP en condiciones anormales.

2.5.4.4 S-CSCF

S-CSCF funciona como una parte de control de la red Core de IMS. Este recibe las peticiones de registro de los suscriptores IMS reenviados por P-CSCF, realiza la autenticación para los suscriptores IMS a través de HSS, descarga los datos básicos de la suscripción IMS desde HSS, y realiza la función básica de ruteo de la sesión de los suscriptores IMS (partes llamantes y partes llamadas), evalúa las reglas del activador de IMS, y el activador de rutas del servicio de valor agregado al AS SIP/IM-SSF/SCS OSA si las condiciones se cumplen.

Control de Registro y Autenticación

- S-CSCF sirve como el Registrador SIP de los suscriptores IMS. Este registra su propia información de dirección en HSS y obtiene los datos de la suscripción IMS desde HSS para proveer el soporte del activador de sesión y revisión de la suscripción.
- S-CSCF soporta el proceso de autenticación IMS AKA. Este verifica la validez de los suscriptores registrados y soporta la obtención de la información del grupo de autenticación desde HSS, y salva la información de autenticación no utilizada.

- S-CSCF sirve como UA SIP para procesar las fallas en la sesión, notificación de las razones de la falla, y liberación de sesiones.
- S-CSCF provee información de eventos relacionados a los servicios en los puntos extremos, tales como notificación de anuncios, recursos adicionales de medios, y avisos de cobro.
- S-CSCF es responsable de generar los CDRs correspondientes a las sesiones IMS y el envío de los CDRs a CCF a través de Diameter.

2.5.4.5 I-CSCF

I-CSCF es el ingreso para las redes IMS “home” de los operadores.

- I-CSCF soporta la asignación de S-CSCF para un suscriptor de acuerdo a la información de suscripción e información de CSCF.
- Para las sesiones SIP entrantes desde S-CSCF o S-CSCF/I-CSCF, I-CSCF es responsable de la consulta de la información de la dirección de enrutamiento de S-CSCF de los suscriptores llamados de IMS desde HSS, y envía las sesiones SIP al S-CSCF de la parte llamada de acuerdo a la información de la dirección reconocida por HSS.
- En una sesión IMS donde se involucran diferentes operadores, I-CSCF puede ocultar la topología de la red del operador usando I-CSCF para cifrar y descifrar la información de la dirección SIP, esto es, soporta la función THIG. Para los suscriptores IMS llamados quienes no están registrados, I-CSCF puede elegir un S-CSCF de forma temporal para el proceso de ruteo posterior, tales como reenvío a CS o al correo de voz IMS.
- I-CSCF es responsable de generar los CDRs relacionados a IMS, y enviar los ACRs a CCF a través de Diameter.

2.5.4.6 HSS (Home Subscriber Server)

HSS es una base de datos integrada. Se usa para guardar la información de los suscriptores IMS, tal como la identificación básica, información de ruta, y la información de suscripción. El HSS está ubicado en la parte superior de la red Core de IMS. La información que se almacena comúnmente en el HSS:

Identificaciones de los suscriptores IMS (pública o privada), números, y direcciones.

El contexto de seguridad del suscriptor IMS, a saber, llave de autenticación para el acceso a la red.

La información de ruta del suscriptor IMS (HSS soporta el registro del suscriptor, de forma que puede salvar la información de ubicación del suscriptor) [10]

La información de servicios del suscriptor IMS incluyendo los datos de servicios de valor agregado de otro AS.

HSS puede almacenar la información de la suscripción IMS de los operadores, y soportar operadores o usuarios finales para personalizar o modificar la información de la suscripción a través de la interfaz conectada al sistema de administración de servicios.

HSS provee la interfaz Cx basada en el protocolo Diameter para conectar el I-CSCF. ICSCF puede proveer a los suscriptores la información de S-CSCF a través de la interfaz

Cx, la cual es usada como una prueba de que los suscriptores usan a S-CSCF.

Adicionalmente, HSS provee el servicio de consulta de las rutas de las partes llamadas para los suscriptores IMS, tales como el nombre de dominio y la información de la dirección de S-CSCF.

HSS puede registrar el nombre de dominio S-CSCF y la información de ruteo a través de la interfaz Cx durante el proceso de registro de IMS, soportando también la descarga de información de suscripción IMS a S-CSCF a través de la interfaz Cx.

HSS puede calcular los “tuples” de autenticación de acuerdo a los contextos de seguridad del suscriptor, y proveer también los “tuples” de autenticación requeridos por los suscriptores o por las redes a S-CSCF a través de la interfaz Cx basándose en el protocolo Diameter.

HSS provee la interfaz Sh basada en el protocolo Diameter para conectar el AS SIP para proveer la información de la suscripción para los servicios de valor agregado. Además, HSS es responsable del almacenamiento transparente de los datos de servicios de valor agregado del AS de suscriptores especiales.

2.5.4.7 AS (Application Server)

El servidor de Aplicaciones (AS) provee los servicios de valor agregado para los suscriptores IMS. Este puede ser colocado en una red “home” o ser provisto por un tercero.

- AS puede ser dividido en tres tipos (AS SIP, AS OSA, e IM-SSF). AS OSA se comunica con los elementos de la red IMS a través de los servidores de capacidad de servicio OSA. IM-SSF provee el mapeo entre SIP IMS y CAP CS y la capacidad del activador SSP de forma que los suscriptores VoIP del dominio IMS puedan heredar fácilmente los servicios inteligentes de CS.
- AS puede obtener los datos de servicio del suscriptor y la información del estado del suscriptor a través de la interfaz de HSS. AS SIP y AS OSA obtienen los datos a través de la interfaz Sh basándose en el protocolo Diameter. IM-SSF obtiene los datos a través la interfaz Si basándose en MAP.
- A través de la interfaz ISC entre S-CSCF y AS, AS puede controlar los servicios.

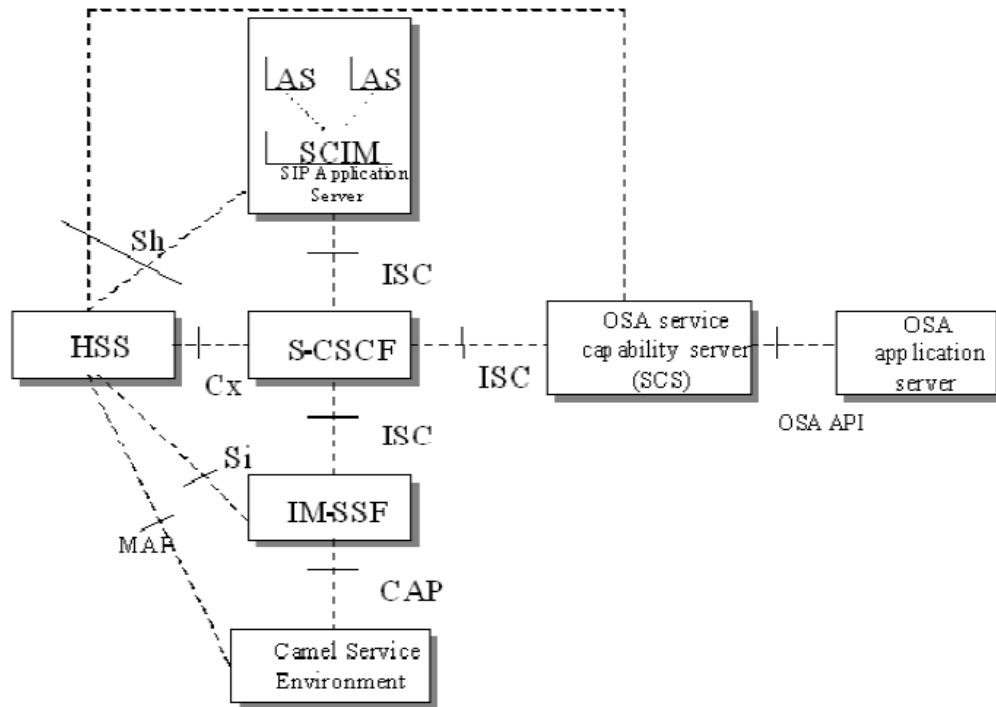


Figura 20. OSA (Open Service Architecture)

2.5.4.8 Otros Elementos de Red en IMS

- SLF (Subscription Locator Function)

Si un operador usa múltiples HSSs, I-CSCF puede obtener los nombres de dominio de

HSS de la información de la suscripción a través de SLF durante el proceso de registro y establecimiento de la transacción. Este puede estar integrado con HSS.

- MGCF (Media Gateway Control Function)

MGCF soporta la interacción entre el plano de control de IMS y la red PSTN o PLMN

CS, soporta la interacción entre ISUP/BICC y SIP, y realiza el RTP entre PSTN o CS TDM y el plano del usuario IMS a través del IM-MGW basándose en H.248.

Solución IP PBX en una NGN

- IM-MGF (IMS-Media Gateway Function)

IM-MGW realiza la interoperación entre la portadora de banda ancha y de banda estrecha y entre IMS y el plano de usuario PSTN o CS, y realiza la función de codificación y decodificación del códec.

- BGCF (Breakout Gateway Control Function)

BGCF es configurado de acuerdo a las reglas de interoperabilidad para el análisis de número llamado. Este selecciona al MGCF para las llamadas desde IMS a PSTN/CS y de esta forma acceder a las rutas MGCF de forma automática.

- MRFC (Multimedia Resource Function Controller)

MRFC puede controlar los recursos de medios de MRFP a través de la traducción a H.248 de los comandos de control de recursos de SIP AS, también convierte esos comandos de forma que MRFP pueda reconocerlos y genera la información de facturación.

- MRFP (Multimedia Resource Function Processor)

MRFP sirve como un recurso común en la red. Este provee los servicios de recursos bajo el control de MRFC, tales como mezcla de flujos de medios (sesión multipartita), reproducción de multimedia (reproducción de tonos y reproductor de “streaming”), y traducción de contenidos de medios (conversión de código y reconocimiento de voz).

- DNS (Domain Name System) y Servidor ENUM (E.164 Number URI Mapping)

DNS es utilizado para traducir las direcciones URL a direcciones IP. Los servidores DNS pueden ser prestados desde el Internet o ser creados en la red. El servidor ENUM es usado para convertir los números telefónicos a URLs. Generalmente, los servidores ENUM deben ser creados por los operadores de IMS.

- Servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Basándose en el protocolo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), un servidor puede designar la dirección URL de P-CSCF a una terminal IMS durante el

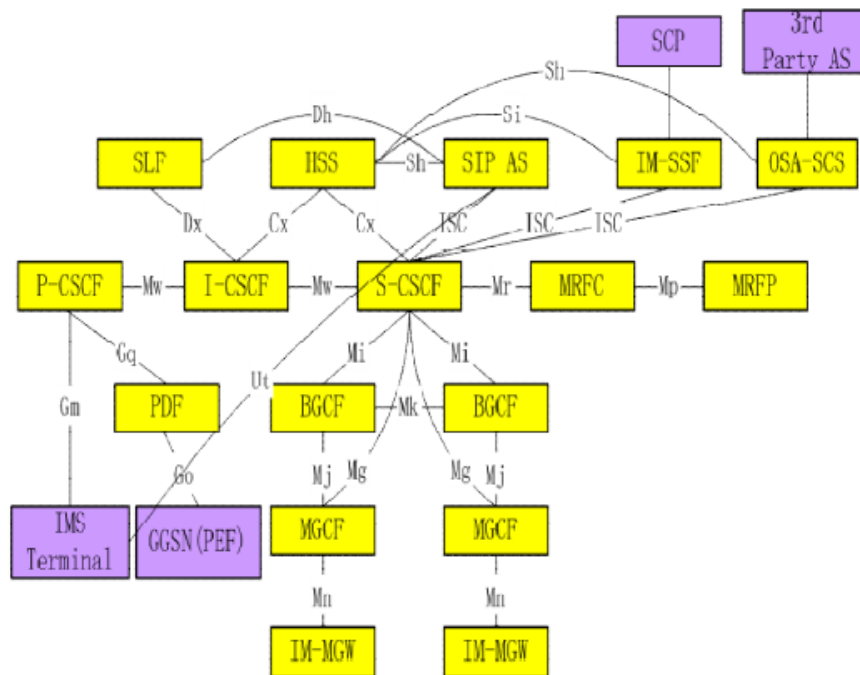


Figura 21. Interfaces IMS

2.6 MPLS

2.6.1 Definición

MPLS es un estándar emergente del IETF2 que surgió para consensuar diferentes soluciones de conmutación multinivel, propuestas por distintos fabricantes a mitad de los 90. Como concepto, MPLS es a veces un tanto difícil de explicar. Como protocolo es bastante sencillo, pero las implicaciones que supone su implementación real son enormemente complejas. Según el énfasis (o interés) que se ponga a la hora de explicar sus características y utilidad, MPLS se puede presentar como un sustituto de la conocida arquitectura IP sobre ATM; también como un protocolo para hacer túneles (sustituyendo a las técnicas habituales de "tunneling"3); o bien, como una técnica para acelerar el encaminamiento de paquetes ... incluso, ¿para eliminar por completo el routing?. En realidad, MPLS hace un poco de todo eso, ya que integra sin discontinuidades los niveles 2 (enlace)

y 3 (red), combinando eficazmente las funciones de control del routing con la simplicidad y rapidez de la conmutación de nivel 2.

2.6.2 Descripción funcional de MPLS

La operación del MPLS se basa en las componentes funcionales de envío y control y que actúan ligadas íntimamente entre sí. Empecemos por la primera.

a) Funcionamiento del envío de paquetes en MPLS

La base del MPLS está en la asignación e intercambio de etiquetas ya expuesto, que permiten el establecimiento de los caminos LSP por la red. Los LSPs son simplex por naturaleza (se establecen para un sentido del tráfico en cada punto de entrada a la red); para el tráfico dúplex requiere dos LSPs, uno en cada sentido. Cada LSP se crea a base de concatenar uno o más saltos (hops) en los que se intercambian las etiquetas, de modo que cada paquete se envía de un "conmutador de etiquetas" (Label-Switching Router) a otro, a través del dominio MPLS. Un LSR no es sino un router especializado en el envío de paquetes etiquetados por MPLS.

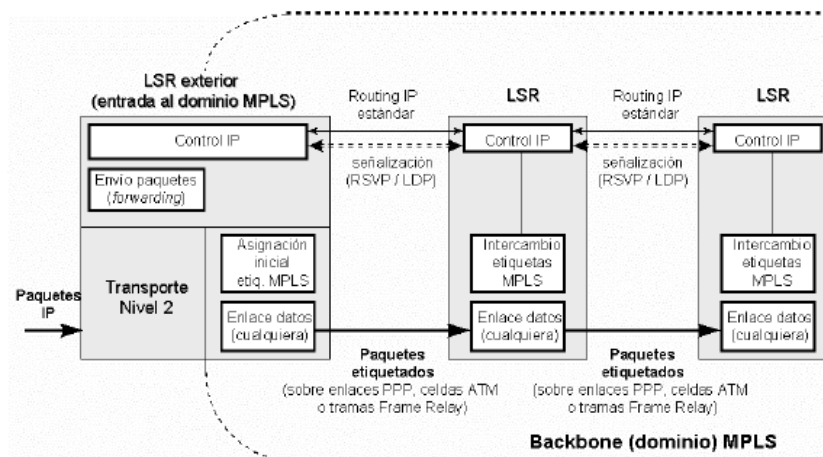


Figura 22. Esquema funcional de MPLS

En la figura 4 se puede ver la funcionalidad del MPLS. Compárese con los esquemas vistos antes en las figuras 2 y 3 para observar las analogías y diferencias. Al igual que en las soluciones de conmutación multinivel, MPLS separa las dos componentes funcionales de control (routing) y de envío (forwarding). Del

mismo modo, el envío se implementa mediante el intercambio de etiquetas en los LSPs. Sin embargo, MPLS no utiliza ninguno de los protocolos de señalización ni de encaminamiento definidos por el ATM Forum; en lugar de ello, en MPLS o bien se utiliza el protocolo RSVP o bien un nuevo estándar de señalización (el Label Distribution Protocol, LDP, del que se tratará más adelante). Pero, de acuerdo con los requisitos del IETF, el transporte de datos puede ser cualquiera. Si éste fuera ATM, una red IP habilitada para MPLS es ahora mucho más sencilla de gestionar que la solución clásica IP/ATM. Ahora ya no hay que administrar dos arquitecturas diferentes a base de transformar las direcciones IP y las tablas de encaminamiento en las direcciones y el encaminamiento ATM: esto lo resuelve el procedimiento de intercambio de etiquetas MPLS. El papel de ATM queda restringido al mero transporte de datos basado en celdas. Para MPLS esto es indiferente, ya que puede utilizar otros transportes como Frame Relay, o directamente sobre líneas punto a punto.

Un camino LSP es el circuito virtual que siguen por la red todos los paquetes asignados a la misma FEC. Al primer LSR que interviene en un LSP se le denomina de entrada o de cabecera y al último se le denomina de salida o de cola. Los dos están en el exterior del dominio MPLS. El resto, entre ambos, son LSRs interiores del dominio MPLS. Un LSR es como un router que funciona a base de intercambiar etiquetas según una tabla de envío. Esta tabla se construye a partir de la información de encaminamiento que proporciona la componente de control (recuérdese el esquema de la figura 3), según se verá más adelante. Cada entrada de la tabla contiene un par de etiquetas entrada/salida correspondientes a cada interfaz de entrada, que se utilizan para acompañar a cada paquete que llega por esa interfaz y con la misma etiqueta (en los LSR exteriores sólo hay una etiqueta, de salida en el de cabecera y de entrada en el de cola). En la figura 5 se ilustra un ejemplo del funcionamiento de un LRS del núcleo MPLS. A un paquete que llega al LSR por la interfaz 3 de entrada con la etiqueta 45 el LSR le asigna la etiqueta 22 y lo envía por el interfaz 4 de salida al siguiente LSR, de acuerdo con la información de la tabla.

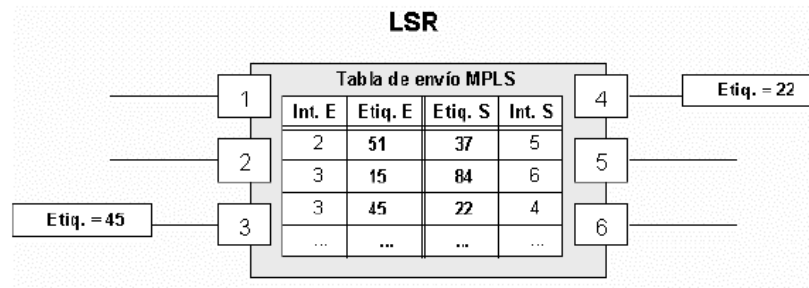


Figura 23. Detalle tabla de envío de un LSR

El algoritmo de intercambio de etiquetas requiere la clasificación de los paquetes a la entrada del dominio MPLS para poder hacer la asignación por el LSR de cabecera.

En la figura 6 el LSR de entrada recibe un paquete normal (sin etiquetar) cuya dirección de destino es 212.95.193.1. El LSR consulta la tabla de encaminamiento y asigna el paquete a la clase FEC definida por el grupo 212.95/16. Asimismo, este LSR le asigna una etiqueta (con valor 5 en el ejemplo) y envía el paquete al siguiente LSR del LSP. Dentro del dominio MPLS los LSR ignoran la cabecera IP; solamente analizan la etiqueta de entrada, consultan la tabla correspondiente (tabla de conmutación de etiquetas) y la reemplazan por otra nueva, de acuerdo con el algoritmo de intercambio de etiquetas. Al llegar el paquete al LSR de cola (salida), ve que el siguiente salto lo saca de la red MPLS; al consultar ahora la tabla de conmutación de etiquetas quita ésta y envía el paquete por routing convencional.

Como se ve, la identidad del paquete original IP queda enmascarada durante el transporte por la red MPLS, que no "mira" sino las etiquetas que necesita para su envío por los diferentes saltos LSR que configuran los caminos LSP. Las etiquetas se insertan en cabeceras MPLS, entre los niveles 2 y 3. Según las especificaciones del IETF, MPLS debía funcionar sobre cualquier tipo de transporte: PPP, LAN, ATM, Frame Relay, etc. Por ello, si el protocolo de transporte de datos contiene ya un campo para etiquetas (como ocurre con los campos VPI/VCI de ATM y DLCI de Frame Relay), se utilizan esos campos nativos para las etiquetas. Sin embargo, si la tecnología de nivel 2 empleada no soporta un campo para etiquetas p. ej. enlaces PPP o LAN), entonces se emplea una cabecera genérica MPLS de 4 octetos, que

contiene un campo específico para la etiqueta y que se inserta entre la cabecera del nivel 2 y la del paquete (nivel 3).

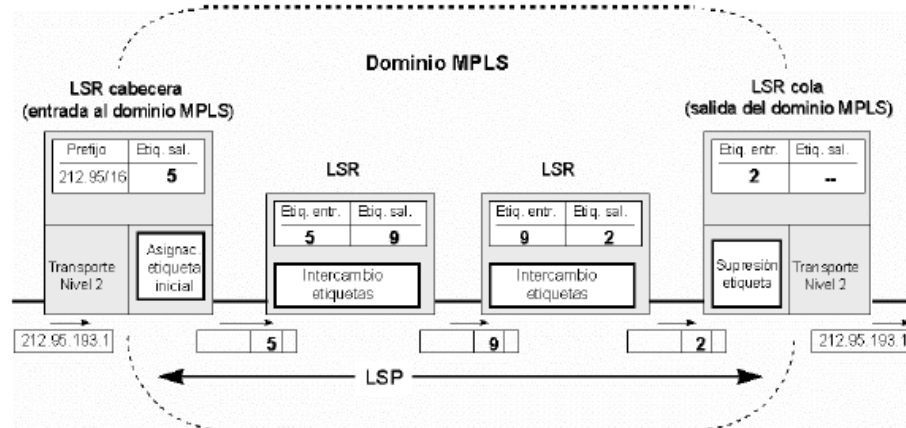


Figura 24. Ejemplo envío de paquete por LSP

En la figura 7 se representa el esquema de los campos de la cabecera genérica MPLS y su relación con las cabeceras de los otros niveles. Según se muestra en la figura, los 32 bits de la cabecera MPLS se reparten en: 20 bits para la etiqueta MPLS, 3 bits para identificar la clase de servicio en el campo EXP (experimental, anteriormente llamado CoS), 1 bit de stack para poder apilar etiquetas de forma jerárquica (S) y 8 bits para indicar el TTL (time-to-live) que sustenta la funcionalidad estándar TTL de las redes IP. De este modo, las cabeceras MPLS permiten cualquier tecnología o combinación de tecnologías de transporte, con la flexibilidad que esto supone para un proveedor IP a la hora de extender su red.

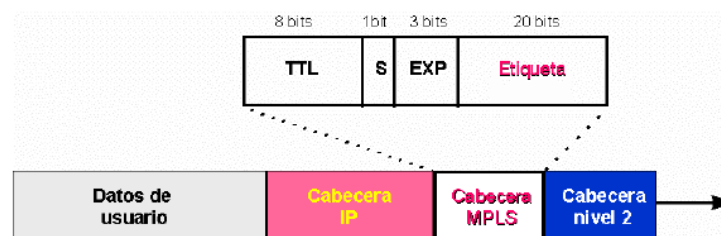


Figura 25. Estructura cabecera genérica MPLS

b) Control de la información en MPLS

Solución IP PBX en una NGN

Hasta ahora se ha visto el mecanismo básico de envío de paquetes a través de los LSPs mediante el procedimiento de intercambio de etiquetas según las tablas de los LSRs. Pero queda por ver dos aspectos fundamentales:

1. Cómo se generan las tablas de envío que establecen los LSPs.
2. Cómo se distribuye la información sobre las etiquetas a los LSRs.

El primero de ellos está relacionado con la información que se tiene sobre la red: topología, patrón de tráfico, características de los enlaces, etc. Es la información de control típica de los algoritmos de encaminamiento. MPLS necesita esta información de routing para establecer los caminos virtuales LSPs. Lo más lógico es utilizar la propia información de encaminamiento que manejan los protocolos internos IGP (OSPF, IS-IS, RIP...) para construir las tablas de encaminamiento (recuérdese que los LSR son routers con funcionalidad añadida). Esto es lo que hace MPLS precisamente: para cada "ruta IP" en la red se crea un "camino de etiquetas" a base de concatenar las de entrada/salida en cada tabla de los LSRs; el protocolo interno correspondiente se encarga de pasar la información necesaria.

El segundo aspecto se refiere a la información de "señalización", pero siempre que se quiera establecer un circuito virtual se necesita algún tipo de señalización para marcar el camino, es decir, para la distribución de etiquetas entre los nodos. Sin embargo, la arquitectura MPLS no asume un único protocolo de distribución de etiquetas; de hecho se están estandarizando algunos existentes con las correspondientes extensiones; unos de ellos es el protocolo RSVP del Modelo de Servicios Integrados del IETF (recuérdese que ése era uno de los requisitos). Pero, además, en el IETF se están definiendo otros nuevos, específicos para la distribución de etiquetas, cual es el caso del Label Distribution Protocol (LDP).

c) Funcionamiento global MPLS

Una vez vistos todos los componentes funcionales, el esquema global de funcionamiento es el que se muestra en la figura 8, donde quedan reflejadas las diversas funciones en cada uno de los elementos que integran la red MPLS. Es importante destacar que en el borde de la nube MPLS tenemos una red

convencional de routers IP. El núcleo MPLS proporciona una arquitectura de transporte que hace aparecer a cada par de routers a una distancia de un sólo salto.

Funcionalmente es como si estuvieran unidos todos en una topología mallada (directamente o por PVCs ATM). Ahora, esa unión a un solo salto se realiza por MPLS mediante los correspondientes LSPs (puede haber más de uno para cada par de routers). La diferencia con topologías conectivas reales es que en MPLS la construcción de caminos virtuales es mucho más flexible y que no se pierde la visibilidad sobre los paquetes IP. Todo ello abre enormes posibilidades a la hora de mejorar el rendimiento de las redes y de soportar nuevas aplicaciones de usuario, tal como se explica en la sección siguiente.

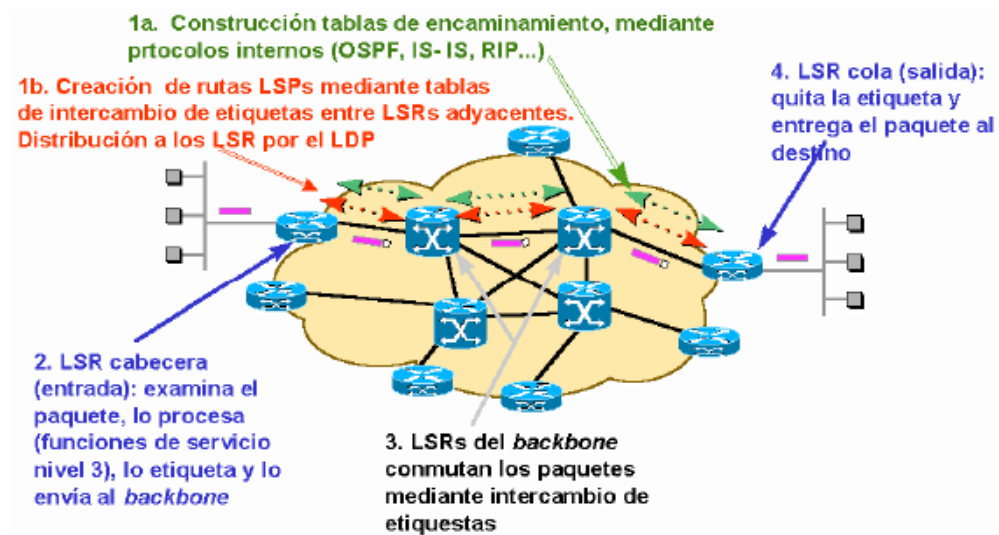


Figura 26. Funcionamiento de una red MPLS

2.6.3 Aplicaciones de MPLS

Las principales aplicaciones que hoy en día tiene MPLS son:

- Ingeniería de tráfico.
- Diferenciación de niveles de servicio mediante clases (CoS).
- Servicio de redes privadas virtuales (VPN).

Veamos brevemente las características de estas aplicaciones y las ventajas que MPLS supone para ello frente a otras soluciones tradicionales.

2.6.3.1 Ingeniería de tráfico

El objetivo básico de la ingeniería de tráfico es adaptar los flujos de tráfico a los recursos físicos de la red. La idea es equilibrar de forma óptima la utilización de esos recursos, de manera que no haya algunos que estén suprautilizados, con posibles puntos calientes y cuellos de botella, mientras otros puedan estar infrautilizados. A comienzos de los 90 los esquemas para adaptar de forma efectiva los flujos de tráfico a la topología física de las redes IP eran bastante rudimentarios. Los flujos de tráfico siguen el camino más corto calculado por el algoritmo IGP correspondiente. En casos de congestión de algunos enlaces, el problema se resolvía a base de añadir más capacidad a los enlaces. La ingeniería de tráfico consiste en trasladar determinados flujos seleccionados por el algoritmo IGP sobre enlaces más congestionados, a otros enlaces más descargados, aunque estén fuera de la ruta más corta (con menos saltos).

En el esquema de la figura 9 se comparan estos dos tipos de rutas para el mismo par de nodos origen-destino.

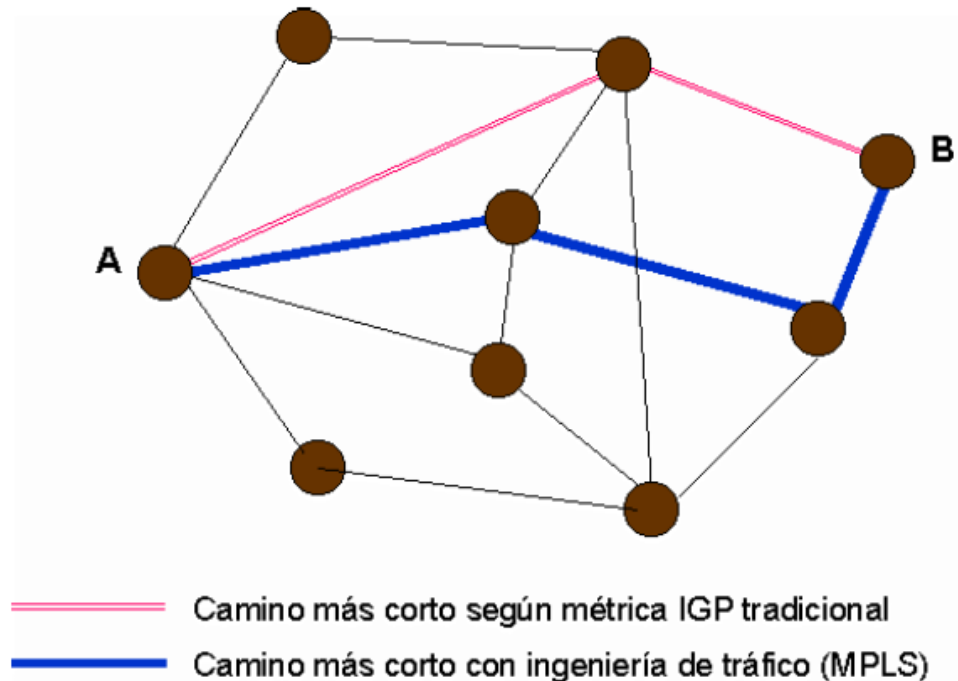


Figura 27. Comparación IGP vs. Ing. Tráfico 1

El camino más corto entre A y B según la métrica normal IGP es el que tiene sólo dos saltos, pero puede que el exceso de tráfico sobre esos enlaces o el esfuerzo de los routers correspondientes haga aconsejable la utilización del camino alternativo indicado con un salto más. MPLS es una herramienta efectiva para esta aplicación en grandes backbones, ya que:

Permite al administrador de la red el establecimiento de rutas explícitas, especificando el camino físico exacto de un LSP.

- Permite obtener estadísticas de uso LSP, que se pueden utilizar en la planificación de la red y como herramientas de análisis de cuellos de botella y carga de los enlaces, lo que resulta bastante útil para planes de expansión futura.
- Permite hacer "encaminamiento restringido" (Constraint-based Routing, CBR), de modo que el administrador de la red pueda seleccionar determinadas rutas para servicios especiales (distintos niveles de calidad). Por ejemplo, con garantías explícitas de retardo, ancho de banda, fluctuación, pérdida de paquetes, etc.

La ventaja de la ingeniería de tráfico MPLS es que se puede hacer directamente sobre una red IP, al margen de que haya o no una infraestructura ATM por debajo, todo ello de manera más flexible y con menores costes de planificación y gestión para el administrador, y con mayor calidad de servicio para los clientes.

2.6.3.2 Clases de servicios (CoS)

MPLS está diseñado para poder cursar servicios diferenciados, según el Modelo DiffServ del IETF. Este modelo define una variedad de mecanismos para poder clasificar el tráfico en un reducido número de clases de servicio, con diferentes prioridades. Según los requisitos de los usuarios, DiffServ permite diferenciar servicios tradicionales tales como el WWW, el correo electrónico o la transferencia de ficheros (para los que el retardo no es crítico), de otras aplicaciones mucho más dependientes del retardo y de la variación del mismo, como son las de video y voz interactiva. Para ello se emplea el campo ToS (Type of Service), rebautizado en DiffServ como el octeto DS. Esta es la técnica QoS de marcar los paquetes que se envían a la red.

MPLS se adapta perfectamente a ese modelo, ya que las etiquetas MPLS tienen el campo EXP para poder propagar la clase de servicio CoS en el correspondiente LSP.

De este modo, una red MPLS puede transportar distintas clases de tráfico, ya que:

- El tráfico que fluye a través de un determinado LSP se puede asignar a diferentes colas de salida en los diferentes saltos LSR, de acuerdo con la información contenida en los bits del campo EXP.
- Entre cada par de LSR exteriores se puede provisionar múltiples LSPs, cada uno de ellos con distintas prestaciones y con diferentes garantías de ancho de banda. P. ej., un LSP puede ser para tráfico de máxima prioridad, otro para una prioridad media y un tercero para tráfico best-effort, tres niveles de servicio, primera, preferente y turista, que, lógicamente, tendrán distintos precios.

2.6.3.3 Redes Privadas Virtuales (VPNs)

Una red privada virtual (VPN) se construye basado en conexiones realizadas sobre una infraestructura compartida, con funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada. El objetivo de las VPNs es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz, datos y video sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. La seguridad supone aislamiento, y "privada" indica que el usuario "cree" que posee los enlaces. Las IP VPNs son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet. En esta sección se va a describir brevemente las ventajas que MPLS ofrece para este tipo de redes frente a otras soluciones tradicionales.

Las VPNs tradicionales se han venido construyendo sobre infraestructuras de transmisión compartidas con características implícitas de seguridad y respuesta predeterminada. Tal es el caso de las redes de datos Frame Relay, que permiten establecer PCVs entre los diversos nodos que conforman la VPN. La seguridad y las garantías las proporcionan la separación de tráfico por PVC y el caudal asegurado

(CIR) 9. Algo similar se puede hacer con ATM, con diversas clases de garantías. Los inconvenientes de este tipo de solución es que la configuración de las rutas se basa en procedimientos más bien artesanales, al tener que establecer cada PVC entre nodos, con la complejidad que esto supone al proveedor en la gestión (y los mayores costes asociados). Si se quiere tener conectados a todos con todos, en una topología lógica totalmente mallada, añadir un nuevo emplazamiento supone retocar todos los CPEs del cliente y restablecer todos los PVCs. (Algo similar a lo que se vio en la solución IP sobre ATM de la sección 2).

Además, la popularización de las aplicaciones TCP/IP, así como la expansión de las redes de los NSPs, ha llevado a tratar de utilizar estas infraestructuras IP para el soporte de VPNs, tratando de conseguir una mayor flexibilidad en el diseño e implantación y unos menores costes de gestión y provisión de servicio. La forma de utilizar las infraestructuras IP para servicio VPN (IP VPN) ha sido la de construir túneles IP de diversos modos. El objetivo de un túnel sobre IP es crear una asociación permanente entre dos extremos, de modo que funcionalmente

Solución IP PBX en una NGN

aparezcan conectados. Lo que se hace es utilizar una estructura no conectiva como IP para simular esas conexiones: una especie de tuberías privadas por las que no puede entrar nadie que no sea miembro de esa IP VPN. No es el objetivo de esta sección una exposición completa de IP VPNs sobre túneles; se pretende tan sólo resumir sus características para poder apreciar luego las ventajas que ofrece MPLS frente a esas soluciones. Los túneles IP en conexiones dedicadas (no se va a tratar aquí de las conexiones conmutadas de acceso) se pueden establecer de dos maneras:

- En el nivel 3, mediante el protocolo IPSec¹⁰ del IETF.
- En el nivel 2, mediante el encapsulamiento de paquetes privados (IP u otros) sobre una red IP pública de un NSP.

En las VPNs basadas en túneles IPSec, la seguridad requerida se garantiza mediante el cifrado de la información de los datos y de la cabecera de los paquetes IP, que se encapsulan con una nueva cabecera IP para su transporte por la red del proveedor. Es relativamente sencillo de implementar, bien sea en dispositivos especializados, tales como cortafuegos, como en los propios routers de acceso del

NSP. Además, como es un estándar, IPSec permite crear VPNs a través de redes de distintos NSPs que sigan el estándar IPSec. Pero como el cifrado IPSec oculta las cabeceras de los paquetes originales, las opciones QoS son bastante limitadas, ya que la red no puede distinguir flujos por aplicaciones para asignarles diferentes niveles de servicio. Además, sólo vale para paquetes IP nativos, IPSec no admite otros protocolos.

En los túneles de nivel 2 se encapsulan paquetes multiprotocolo (no necesariamente IP), sobre los datagramas IP de la red del NSP. De este modo, la red del proveedor no pierde la visibilidad IP, por lo que hay mayores posibilidades de QoS para priorizar el tráfico por tipo de aplicación IP. Los clientes VPN pueden mantener su esquema privado de direcciones, estableciendo grupos cerrados de usuarios, si así lo desean. (Además de encapsular los paquetes, se puede cifrar la información por mayor seguridad, pero en este caso limitando las opciones QoS). A

diferencia de la opción anterior, la operación de túneles de nivel 2 está condicionada a un único proveedor.

A pesar de las ventajas de los túneles IP sobre los PVCs, ambos enfoques tienen unas características comunes que las hacen menos eficientes frente a la solución MPLS:

- Están basadas en conexiones punto a punto (PVCs o túneles).
- La configuración es manual.
- La provisión y gestión son complicadas; una nueva conexión supone alterar todas las configuraciones.
- Plantean problemas de crecimiento al añadir nuevos túneles o circuitos virtuales.
- La gestión de QoS es posible en cierta medida, pero no se puede mantener extremo a extremo a lo largo de la red, ya que no existen mecanismos que sustenten los parámetros de calidad durante el transporte.

Realmente, el problema que plantean estas IP VPNs es que están basadas en un modelo topológico superpuesto sobre la topología física existente, basados en túneles extremos a extremo (o circuitos virtuales) entre cada par de routers de cliente en cada VPN. De ahí las desventajas en cuanto a la poca flexibilidad en la provisión y gestión del servicio, así como en el crecimiento cuando se quieren añadir nuevos emplazamientos. Con una arquitectura MPLS se obvian estos inconvenientes ya que el modelo topológico no se superpone sino que se acopla a la red del proveedor. En el modelo acoplado MPLS, en lugar de conexiones extremo a extremo entre los distintos emplazamientos de una VPN, lo que hay son conexiones IP a una "nube común" en las que solamente pueden entrar los miembros de la misma VPN. Las "nubes" que representan las distintas VPNs se implementan mediante los caminos LSPs creados por el mecanismo de intercambio de etiquetas MPLS. Los LSPs son similares a los túneles en cuanto a que la red transporta los paquetes del usuario (incluyendo las cabeceras) sin examinar el contenido, a base de encapsularlos sobre otro protocolo.

Solución IP PBX en una NGN

Aquí está la diferencia: en los túneles se utiliza el encaminamiento convencional IP para transportar la información del usuario, mientras que en MPLS esta información se transporta sobre el mecanismo de intercambio de etiquetas, que no ve para nada el proceso de routing IP. Sin embargo, sí se mantiene en todo momento la visibilidad IP hacia el usuario, que no sabe nada de rutas MPLS sino que ve una internet privada (intranet) entre los miembros de su VPN. De este modo, se pueden aplicar técnicas QoS basadas en el examen de la cabecera IP, que la red MPLS podrá propagar hasta el destino, pudiendo así reservar ancho de banda, priorizar aplicaciones, establecer CoS y optimizar los recursos de la red con técnicas de ingeniería de tráfico.

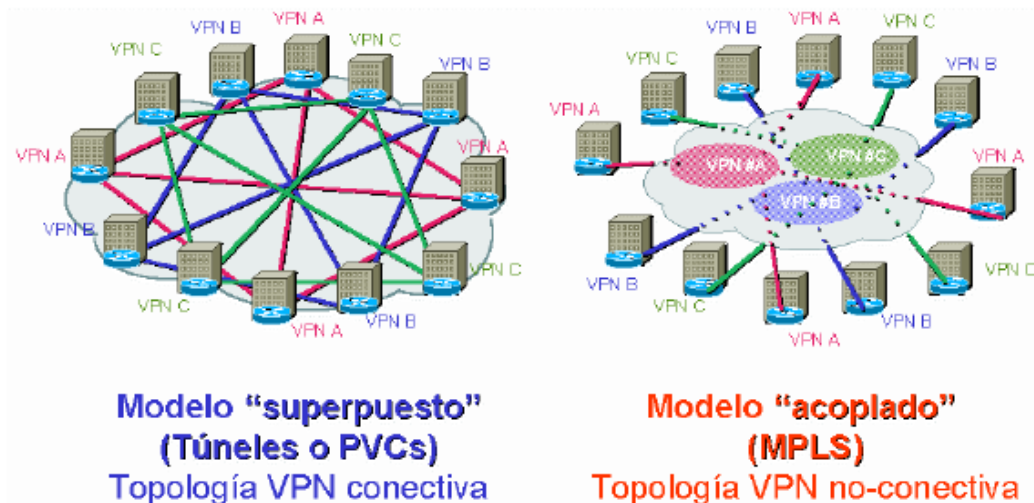


Figura 28. Mod. Superpuesto vs Mod. Acoplado

En la figura 10 se representa una comparación entre ambos modelos. La diferencia entre los túneles IP convencionales (o los circuitos virtuales) y los "túneles MPLS" (LSPs) está en que éstos se crean dentro de la red, basados en LSPs, y no de extremo a extremo a través de la red.

Como resumen, las ventajas que MPLS ofrece para IP VPNs son:

- Proporcionan un modelo "acoplado" o "inteligente", ya que la red MPLS "sabe" de la existencia de VPNs (lo que no ocurre con túneles ni PVCs).

- Evita la complejidad de los túneles y PVCs.
- La provisión de servicio es sencilla: una nueva conexión afecta a un solo router tiene mayores opciones de crecimiento modular.
- Permiten mantener garantías QoS extremo a extremo, pudiendo separar flujos de tráfico por aplicaciones en diferentes clases, gracias al vínculo que mantienen el campo EXP de las etiquetas MPLS con las clases definidas a la entrada.
- Permite aprovechar las posibilidades de ingeniería de tráfico para las poder garantizar los parámetros críticos y la respuesta global de la red (ancho banda, retardo, fluctuación...), lo que es necesario para un servicio completo VPN.

Capítulo 3. SIP

“Session Initiation Protocol ” o SIP (Protocolo de Inicio de Sesión), es un protocolo de señalización definido por el “Internet Engineering Task Force” o IETF que permite el establecimiento, la liberación y la modificación de sesiones multimedia (RFC3261). Este protocolo hereda de ciertas funcionalidades de los protocolos “Hyper Text Transport Protocol” o “http”, utilizados para navegar sobre la WEB y “Simple Mail Transport Protocol ” o “SMTP”, utilizados para transmitir mensajes electrónicos (e-mails). SIP se apoya sobre un modelo transaccional cliente/servidor como http. El direccionamiento utiliza el concepto “Uniform Resource Locator” o “URL SIP” parecido a una dirección E-mail. Cada participante en una red SIP es entonces alcanzable vía una dirección, por medio de una URL SIP. Por otra parte, los requerimientos SIP son satisfechos por respuestas identificadas por un código digital. De hecho, la mayor parte de los códigos de respuesta SIP han sido tomados del protocolo http. Por ejemplo, cuando el destinatario no está ubicado, un código de respuesta «404 Not Found» es devuelto. Un requerimiento SIP está constituido de “headers” o encabezados, al igual que un mando SMTP. Por fin, SIP, al igual de SMPT es un protocolo textual.

SIP ha sido extendido con el fin de soportar numerosos servicios tales como la presencia, la mensajería instantánea (similar al servicio SMS en las redes móviles), la transferencia de llamada, la conferencia, los servicios complementarios de telefonía, etc.

SIP ha sido elegido por el 3GPP para la arquitectura "IP Multimedia Subsystem" o "IMS" como protocolo para el control de sesión y el control de servicio. El reemplazara en el futuro, los protocolos "ISUP", utilizado para el control de llamada en la Red Telefónica Conmutada, y "INAP", utilizado para el control de servicio en la arquitectura Red Inteligente.

El protocolo SIP es solo un protocolo de señalización. Una vez la sesión establecida, los participantes de la sesión intercambian directamente su tráfico audio/video a través del protocolo "Real-Time Transport Protocol" o RTP. Por otra parte, SIP no es un protocolo de reservación de recursos, y en consecuencia, no puede asegurar la calidad de servicio. Se trata de un protocolo de control de llamada y no de control del medio.

SIP tampoco es un protocolo de transferencia de fichero tal como "http", usado con el fin de transportar grandes volúmenes de datos. Ha sido concebido para transmitir mensajes de señalización cortos con el fin de establecer, mantener y liberar sesiones multimedia. Mensajes cortos, no relativos a una llamada pueden sin embargo ser transportados por SIP al estilo de SMS. [11]

3.1 Entidades SIP

SIP define dos tipos de entidades: los clientes y los servidores. De manera más precisa, las entidades definidas por SIP son:

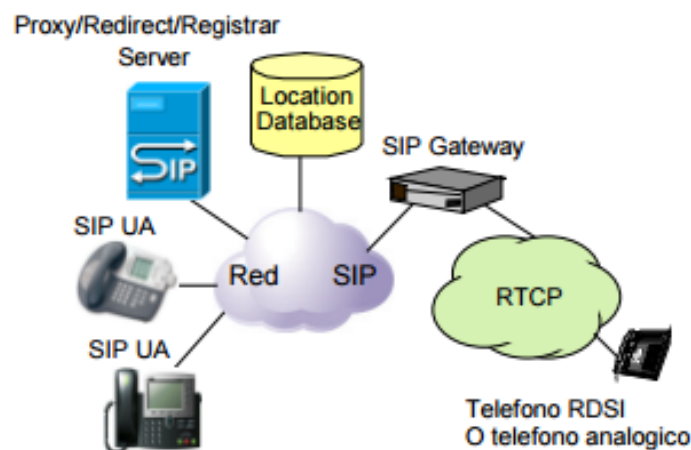


Figura 29. Entidades de una red SIP

- El Servidor Proxy (Proxy Server): es el que recibe solicitudes de clientes que el mismo trata o encamina hacia otros servidores después de haber eventualmente, realizado ciertas modificaciones sobre estas solicitudes.
- El Servidor de Redireccionamiento (Redirect Server): se trata de un servidor quien acepta solicitudes SIP, traduce la dirección SIP de destino en una o varias direcciones de red y las devuelve al cliente. De manera contraria al Proxy Server, el Redirect Server no encamina las solicitudes SIP. En el caso de la devolución de una llamada, el Proxy Server tiene la capacidad de traducir el número del destinatario en el mensaje SIP recibido, en un número de reenvío de llamada y encaminar la llamada a este nuevo destino, y eso de manera transparente para el cliente de origen; para el mismo servicio, el Redirect Server devuelve el nuevo número (número de reenvío) al cliente de origen quien se encarga de establecer una llamada hacia este nuevo destino.
- El Agente Usuario (User Agent) o “UA”: se trata de una aplicación sobre un equipo de usuario que emite y recibe solicitudes SIP. Se materializa por un software instalado sobre un « User Equipment » o UE: una PC, un teléfono IP o una estación móvil UMTS.
- El Registrador (Registrar): se trata de un servidor quien acepta las solicitudes SIP REGISTER. SIP dispone de la función de registro de los usuarios. El usuario indica por un mensaje REGISTER emitido al Registrar, la dirección donde es localizable (dirección IP). El “Registrar” actualiza entonces una base de datos de localización. El registrador es una función asociada a un Proxy Server o a un Redirect Server. Un mismo usuario puede registrarse sobre distintas UAs SIP, en este caso, la llamada le será entregada sobre el conjunto de estas UAs. [12]

3.2 Métodos y Respuestas SIP

3.2.1 Métodos SIP

El RFC 3261 define seis solicitudes /requerimientos o métodos SIP [13]

Solución IP PBX en una NGN

El método “INVITE” es usado con el fin de establecer una sesión entre UAs. INVITE corresponde al mensaje ISUP IAM o al mensaje Q.931 SET UP y contiene las informaciones sobre el que genera la llamada y el destinatario así como sobre el tipo de flujos que serán intercambiados (voz, video, etc).

Cuando un UA que emitió el método SIP INVITE recibe una respuesta final a la invitación

(Ejemplo: 200 OK), él confirma la recepción de esta respuesta por medio de un método “ACK”. Una respuesta del tipo “busy” o “answer” es considerada como final mientras una respuesta tipo “ringing” significando que el destinatario ha sido avisado, es una respuesta provisoria.

El método “BYE” permite la liberación de una sesión anteriormente establecida. Corresponde al mensaje RELEASE de los protocolos ISUP y Q.931. Un mensaje BYE puede ser emitido por el que genera la llamada o el que la recibe.

El método “REGISTER” es usado por una UA con el fin de indicar al Registrar la correspondencia entre su Dirección SIP y su dirección de contacto (ejemplo: dirección IP).

El método “CANCEL” es utilizado para solicitar al abandono de la llamada en curso, pero no tiene ningún efecto sobre una llamada ya aceptada. De hecho, solo el método “BYE” puede terminar una llamada establecida.

El método “OPTIONS” es utilizado para interrogar las capacidades y el estado de un User Agent o de un servidor. La respuesta contiene sus capacidades (ejemplo: tipo de media siendo soportado, idioma soportado) o el hecho de que el UA esté indisponible. [14]

3.2.2 Respuestas SIP

Después de haber recibido e interpretado un requerimiento SIP, el destinatario de este requerimiento devuelve una respuesta SIP. Existen seis clases de respuestas:

- Clase 1xx: Información, el requerimiento ha sido recibido y está en curso de tratamiento

Solución IP PBX en una NGN

- Clase 2xx: Éxito, el requerimiento ha sido recibido, entendido y aceptado.
- Clase 3xx: Re enrutamiento, la llamada requiere otros procesamientos antes de poder determinar si puede ser realizada.
- Clase 4xx: Error requerimiento de cliente, el requerimiento no puede ser interpretado o servido. El requerimiento tiene que ser modificado antes de ser reenviado.
- Clase 5xx: Error de servidor, el servidor fracasa en el procesamiento de un requerimiento aparentemente valido.
- Clase 6xx: Fracaso global, el requerimiento no puede ser procesado por ningún servidor.

3.3 Funcionamiento del protocolo SIP

3.3.1 Inscripción a la red SIP

El método “REGISTER” es utilizado por un “USER AGENT” con el fin de indicar a la función Registrar (físicamente implantada en un Proxy Server o un Redirect Server) la correspondencia entre su dirección SIP (ejemplo: sip:mary.taylor@claro.com) y su dirección IP (ejemplo: sip:mary.taylor@192.190.132.20). La dirección IP puede ser estática u obtenida de modo dinámico por DHCP. La función Registrar actualiza entonces una base de datos de localización. Desde este momento, el User Agent puede recibir llamadas ya que se encuentra ubicado. Si un usuario SIP desea reenviar sus llamadas de su dominio corriente hacia otro dominio, (ejemplo: del dominio claro.com al dominio enitel.com), solo tendrá que indicar a la función Registrar de claro.com su dirección SIP en el dominio enitel.com. Cuando un mensaje INVITE debe ser entregado por el Proxy Server del dominio claro.com a sip:mary.taylor@claro.com, la base de datos actualizada por la función Registrar indica al Proxy Server que el mensaje tiene que ser reenviado a sip:mary.taylor@enitel.com. Entonces, el Proxy Server efectúa una búsqueda por el DNS de la dirección IP del Proxy Server del dominio enitel.com con el fin de relevar el mensaje SIP a encaminar al destino apropiado (sip:mary.taylor@enitel.com).

En una red IP Multimedia Subsystem o IMS, el Proxy Server corresponde a una entidad CSCF (Call State Control Function), mientras la base de datos de localización es representada por la entidad Home Subscriber Server o HSS. El HSS

en el IMS por los móviles es un HLR conteniendo por otra parte el perfil del usuario para los servicios IMS suscritos.

3.3.2 Establecimiento y liberación de sesión SIP

En el ejemplo siguiente, el que llama tiene como URL SIP sip:mary.taylor@enitel.com, mientras la URL SIP del destinatario de la llamada es sip:mark.rich@enitel.com.

Un mensaje de establecimiento de llamada SIP INVITE esta emitido por parte de la UA SIP del que llama al Proxy Server. Este último interroga la base de datos de localización para identificar la localización del que esta llamado (dirección IP) y encamina la llamada a su destino. El mensaje INVITE contiene distintos “headers” o encabezados obligatorios, entre los cuales están: la dirección SIP de la persona que llama “From”, La dirección SIP de la persona que recibe la llamada “To”, una identificación de la llamada “Call-ID”, un numero de secuencia “Cseq”, un número máximo de saltos “max-forwards”. El encabezado “Via” esta actualizado por todas las entidades que participaron al enrutamiento del requerimiento INVITE. Eso asegura que la respuesta seguirá el mismo camino que el requerimiento.

Por otra parte, el requerimiento SIP INVITE contiene una sintaxis “Session Description Protocol” o SDP. Esta estructura consiste en varias líneas que describen las características del medio que el que llama “Mary” necesita para la llamada.

Mary Taylor indica que la descripción SDP utiliza la versión 0 del protocolo, que se trata de una sesión telefónica (m = audio), que la voz constituida en paquetes le debe ser entregada a la dirección de transporte (puerto UDP = 45450, dirección IP=192.23.34.45) con el protocolo RTP y utilizando un formato de codificación definido en el RFC “Audio Video Profile” o AVP y pudiendo ser G. 711 μ -law o G.728.

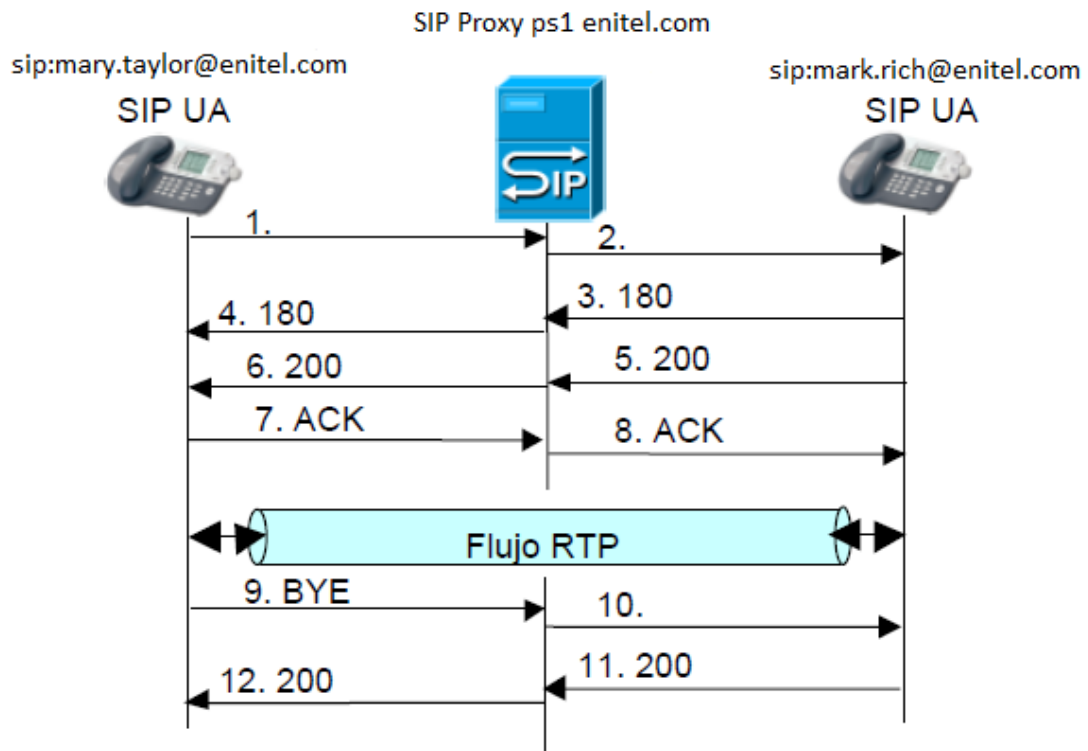


Figura 30. Establecimiento y liberación de sesión SIP

```

INVITE sip:mark.rich@enitel.com SIP/2.0
Via : SIP/2.0/UDP station1.enitel.com:5060
Max-Forwards : 20
To : Mark Rich <sip:mark.rich@enitel.com>
From : Mary Taylor <sip:mary.taylor@enitel.com>
Call-Id: 23456789@station1.enitel.com
CSeq: 1 INVITE
Contact: mary.taylor@192.190.132.20
Content-Type: application/sdp
Content-Length:162

v = 0
c = IN IP4 192.190.132.20
m = audio 45450 RTP/AVP 0 15
    
```

La respuesta 180 RINGING esta devuelta por el destinatario a la UA del que genera la llamada.

Cuando el destinatario acepta la sesión, la respuesta 200 OK esta emitida por su UA y encaminada hacia la UA del que genera la llamada.

SIP/2.0 200 OK

Via : SIP/2.0/UDP ps1.enitel.com:5060

Via : SIP/2.0/UDP station1.enitel.com:5060

Max-Forwards : 20

To : Mark Rich <sip:mark.rich@enitel.com>

From : Mary Taylor <sip:mary.taylor@enitel.com>

Call-Id: 23456789@station1.enitel.com

CSeq: 1 INVITE

Contact: mark.rich@192.190.132.27

Content-Type: application/sdp

Content-Length:162

v = 0

c = IN IP4 192.190.132.27

m = audio 22220 RTP/AVP 0

La UA del que genera la llamada devuelve un método ACK al destinatario, relevada por la entidad Proxy Server.

La entidad Proxy Server participa al encaminamiento de la señalización entre UAs mientras que las UAs establecen directamente canales RTP para el transporte de la voz o del video en forma de paquetes sin implicación del Proxy Server en este transporte.

Cuando Mary cuelga, su UA envía un requerimiento BYE para terminar la sesión. Este requerimiento esta entregado al Proxy Server quien lo encamina a la UA de Mark. Este último, devuelve la respuesta 200 OK.

BYE sip:mark.rich@enitel.com SIP/2.0

Via : SIP/2.0/UDP station1.enitel.com:5060

Solución IP PBX en una NGN

Max-Forwards : 20

To : Mark Rich <sip:mark.rich@enitel.com>

From : Mary Taylor <sip:mary.taylor@enitel.com>

Call-Id: 23456789@station1.enitel.com

CSeq: 2 BYE

SIP/2.0 200 OK

Via : SIP/2.0/UDP ps1.enitel.com:5060

Via : SIP/2.0/UDP station1.enitel.com:5060

Max-Forwards : 20

To : Mark Rich <sip:mark.rich@enitel.com>

From : Mary Taylor <sip:mary.taylor@enitel.com>

Call-Id: 23456789@station1.enitel.com

CSeq: 2 BYE

3.4 Extensiones del protocolo SIP

Una entidad SIP puede suscribir a un evento con el fin de ser notificada de su ocurrencia. El requerimiento SUBSCRIBE permite la suscripción mientras el requerimiento NOTIFY es utilizado con el fin de notificar (RFC 3265). El método PUBLISH permite publicar su estado.

El método REFER (RFC3515) reenvía el receptor hacia un recurso identificado en el método. REFER permite emular distintos servicios o aplicaciones incluyendo la transferencia de llamada. Contemplamos T1, la entidad que originó la transferencia, T2 la entidad transferida y T3, el destinatario de la transferencia. La transferencia de llamada permite a T1 transformar una llamada en curso entre T1 y T2 en una nueva llamada entre T2 y T3, elegida por T1. Si la transferencia de llamada se lleva a cabo, T2 y T3 podrán comunicar mientras que T1 no podrá seguir dialogando con T2 o T3.

El método MESSAGE (RFC 3428) ha sido propuesto como extensión al protocolo SIP con el fin de permitir la transferencia de mensajes instantáneos. La mensajería instantánea o “Instant Messaging” o “IM” consiste en el intercambio de mensajes entre usuarios en pseudo tiempo real. Este nuevo método hereda de todas las

funciones ofrecidas por el protocolo SIP tales que el enrutamiento y la seguridad. El requerimiento MESSAGE puede transportar varios tipos de contenidos basándose sobre la codificación MIME.

El método INFO (RFC2976) permite transferir informaciones de señalización durante la llamada. Entre los ejemplos de información se encuentran los dígitos DTMF, las informaciones relativas a la tasación de una llamada, las imágenes, etc.

Las respuestas finales 2xx, 3xx, 4xx, 5xx y 6xx a un requerimiento INVITE son satisfechas por el requerimiento ACK mientras las respuestas provisionales de tipo 1XX no son satisfechas. Ciertas respuestas temporarias tales como el 180 Ringing son críticas y su recepción es esencial para la determinación del estado de la llamada, entre otros durante el proceso de interconexión con la RTP. El método PRACK (RFC3262) ha sido definido con el fin de satisfacer la recepción de respuestas temporarias de tipo 1XX.

El método UPDATE (RFC3311) permite a un terminal SIP actualizar los parámetros de una sesión multimedia (ejemplo : flujo, media y sus codecs). El método UPDATE puede ser enviado antes de que la sesión sea establecida. UPDATE es entonces particularmente útil cuando se trata de poner al día los parámetros de sesión antes de su establecimiento, por ejemplo una puesta en espera del destinatario.

3.5 Interfuncionamiento entre SIP y RTC

Para el interfuncionamiento entre la Red Telefónica Conmutada RTC y SIP, es necesario introducir una pasarela o Gateway RTC/SIP que se ubica como punto de frontera por una parte al RTC y por otra parte a una red SIP. Este Gateway cumple con dos funciones:

- Traducción de la señalización ISDN User Part o ISUP en señalización SIP y recíprocamente.
- Conversión de señales audio en paquetes RTP y recíprocamente; en efecto, este Gateway establece canales lógicos RTP con la terminal SIP y establece circuitos de palabras con un switch o conmutador Class 4 o Class 5. El Class 5 Switch representa un conmutador telefónica de acceso mientras el Class 4 switch es un conmutador telefónico de tránsito.

Solución IP PBX en una NGN

En el ejemplo contemplado en la figura 31, un terminal conectado a la RTC llama un UA SIP. El Class 5 Switch al cual está conectado el que genera la llamada, emite un mensaje ISUP IAM al Gateway RTC/SIP. Este mensaje contiene el número del destinatario, el identificador del circuito elegido por el Class 5 Switch para la llamada (Circuit Identification Code o CIC) así como informaciones indicando la naturaleza de la llamada (palabras, fax, datos, etc).

El Gateway RTC/SIP traduce este mensaje en un requerimiento SIP INVITE que contiene una dirección de destino SIP de la cual el campo “user” es un número telefónico. Pasa el mensaje al SIP Proxy Server que obtiene la dirección IP del destinatario con la dirección SIP por medio de la interrogación de una base de datos o de un servidor de localización. El mensaje INVITE es relevado a la UA SIP. En paralelo, el Proxy Server notifica al Gateway la recepción del requerimiento INVITE por medio de la respuesta 100 Trying. El terminal SIP devuelve al Proxy Server una respuesta 180 Ringing para informar al que llama de la alerta del que está llamado, mensaje relevado por el Proxy Server al Gateway. El Gateway traduce esta respuesta en un mensaje ISUP “Address Complete Message” o ISUP ACM enviado al Class 5 Switch. Este mensaje es traducido por el Class 5 Switch en un mensaje “Alerting” si el terminal que origina la llamada es una terminal RDSI o en una señal “Ringing Tone” en el caso de una terminal analógica.

Cuando el destinatario descuelga, una respuesta 200 OK es devuelta al Proxy Server quien la reenvía al Gateway. El Gateway pone el recibido de esta respuesta por un requerimiento ACK encaminado por el Proxy Server al destinatario. En paralelo, el Gateway genera un mensaje ISUP Answer Message o ISUP ANM emitido al Class 5 Switch.

Este intercambio de señalización ha permitido el establecimiento de canales RTP entre el terminal SIP y el Gateway así como la colocación de un circuito de voz entre el Gateway y el Class 5 Switch.

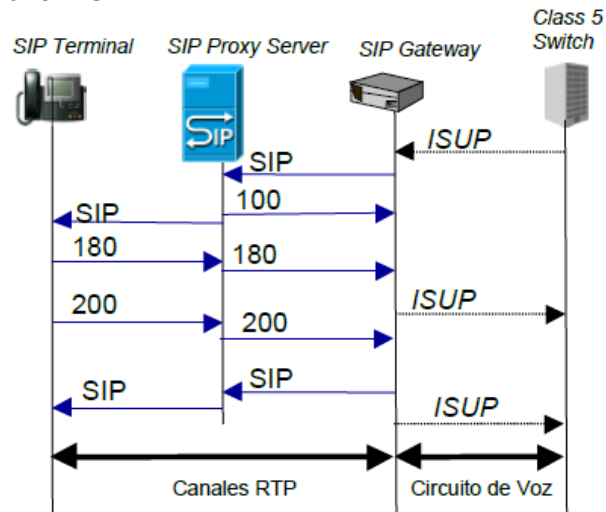


Figura 31. Interfuncionamiento RTC/SIP

3.6 Arquitectura de servicios SIP

La arquitectura de servicios SIP de base está constituida de servidores de aplicación, de servidores de media y de S-CSCF.

El servidor de aplicación SIP ejecuta servicios (ejemplo: Push To Talk, Presence, Prepaid, Instant messaging etc.) y pueden influenciar el desempeño de la sesión a pedido del servicio. El servidor de aplicación corresponde al SCP de la Red Inteligente.

El servidor de media SIP (llamado en las recomendaciones el Multimedia Resource Function o MRF) establece conferencias multimedia, toca anuncios vocales o multimedia y colecta informaciones de usuario. Se trata de la evolución de la entidad Specialized Resource Point o SRP en el mundo multimedia.

El servidor de llamada SIP (Proxy Server) tiene el papel de punto desde el cual un servicio puede ser requerido. Este dispone del perfil de servicio del abonado que le indica los servicios suscritos por el abonado y bajo cuales condiciones invocar estos servicios. Corresponde al SSP de la arquitectura Red Inteligente.

3.6.1 Servidor de aplicación

Un servidor de aplicación SIP provee un ámbito de ejecución para aplicaciones llamado "Service Logic Execution Environment" o SLEE. Este provee un conjunto de servicios que permite simplificar las tareas de los desarrolladores de aplicaciones

Solución IP PBX en una NGN

así como de los administradores. El objetivo es de disponer de una plataforma que pone en obra todas las funcionalidades permitiendo así al desarrollador enfocarse únicamente en la lógica “profesional” de la aplicación.

Las funciones de un servidor de aplicación son las siguientes:

La gestión de recursos: el servidor de aplicaciones controla la creación y la utilización de recursos tales como los threads, las conexiones de transporte, los componentes aplicativos (ejemplo: scripts CPL, servlets SIP) así como las sesiones de aplicaciones.

La gestión de aplicaciones: la aplicación puede ser asociada a un perfil de configuración durante su despliegue. Este perfil puede contener parámetros que pueden ser modificados a través de la interface administrativo durante el despliegue de la aplicación o durante su ejecución.

La composición de aplicación: el servidor de aplicación debe permitir la ejecución de varias aplicaciones por un mismo requerimiento SIP. Eso provee una capacidad de modularización. De hecho, elementos de servicio pueden ser desarrollados independientemente y pueden ser combinados según las necesidades de aplicación. Eso permite por otra parte un mejor control de las interacciones de servicio.

La integración WEB: con el fin de proveer un GUI Web para la administración y el interfuncionamiento con servidores WEB previendo servicios.

La programación: el servidor de aplicación provee un soporte para el desarrollo de aplicación, i.e. APIs (JAIN API, SIP Servlet API, etc.) así como lenguajes de script. Los scripts pueden ser creados con el apoyo de ámbitos de creación de servicio.

El interfuncionamiento: el servidor de aplicación comunica usando el protocolo SIP con el servidor de media (IP media server) para las interacciones con el usuario y con el servidor de llamada (CSCF) para el encaminamiento y la señalización.

La seguridad: el servidor de aplicación debe proveer mecanismos de encriptación, de autenticación y de autorización con el fin de asegurar un acceso asegurado a los servicios.

Las capacidades no funcionales: alta disponibilidad, reparto de carga, tolerancia a los errores. Estas características son similares a las características exigidas por un SCP en la arquitectura de Red Inteligente.

3.6.2 El servidor de media SIP

El servidor media SIP es una plataforma poderosa y evolutiva para el desarrollo de servicios de portales vocales y servicios vocales/video interactivos capaces de soportar centenares y hasta millares de sesiones simultaneas en un amplio rango de configuraciones.

El servidor de media SIP es un equipo físico y pone en obra la entidad funcional “Multimedia Resource Function” o “MRF” definido por el “IMS”. El servidor de media SIP provee las funciones permitiendo interacciones entre usuarios y aplicaciones a través de recursos vocales/video. Por ejemplo, puede responder a una llamada y difundir un anuncio, o leer un mensaje electrónico usando funciones de síntesis vocales o coleccionar una información del usuario (ejemplo: clave, voto, numero) y devolverla a la aplicación.

El servidor de media SIP pone en obra dos tipos de funciones:

- Las funciones de recursos media tales como las funciones de detección de tonalidad, de síntesis vocal, de reconocimiento vocal, de traducción de media etc. Es la función “Multimedia Resource Function Processor” o “MRFP”.
- Las funciones de control del media que proveen a las aplicaciones los medios de controlar recursos media tales como, tocar un mensaje, coleccionar un voto, grabar un mensaje etc. Y eso, a través del protocolo SIP. Es la función “Multimedia Resource Function Controller” o “MRFC”.

La arquitectura distribuida del servidor de media SIP/servidor de aplicación separa las aplicaciones voz/video del control de medias, lo que permite a los operadores

Solución IP PBX en una NGN

reducir los costos de los recursos de red y albergar con costos menores las aplicaciones clientes. El servidor de media IP soporta el protocolo de control SIP. Además del servidor de media IP y del servidor de aplicación, las entidades siguientes pueden ser contempladas:

Browser Voice XML: este componente integrado en el servidor de media IP provee un ejemplo de ámbito de ejecución de aplicaciones vocales. Las aplicaciones desarrolladas según las especificaciones Voice XML pueden ser interpretadas y ejecutadas por el Browser Voice XML. Este Browser solo interpreta y determina las etapas atómicas del call flow. Es el servidor de media IP que interactúa con el usuario.

Servidor ASR: este componente provee el servicio “Automatic Speech Recognition” o ASR. El flujo de audio del usuario es transportado sobre RTP del Media Gateway o del teléfono IP del usuario al servidor ASR. El Browser Voice XML contacta el servidor ASR cuando un reconocimiento de palabra es necesario.

Servidor TTS: este componente provee el servicio “Text-To-Speech” o TTS. Una cadena de caracteres esta emitida hacia este componente y está convertida en un aviso vocal que puede ser emitido al usuario bajo la forma de flujo RTP. El browser Voice XML contacta el servidor TTS cuando un texto debe ser traducido en un mensaje vocal y entregado al usuario.

Servidor WEB: este componente es un servidor estándar http. Es utilizado con el fin de albergar el contenido vocal. Este contenido consiste en escrito Voice XML, anuncios vocales/video, mensajes de recepción y gramáticas de reconocimiento de la palabra. Los escritos Voice XML definen la lógica de aplicación. Mensajes de recepción apoyan el usuario en su navegación dentro de una aplicación. Las gramáticas contienen las palabras autorizadas o las frases que un usuario puede pronunciar cuando la aplicación le pide ingresar sus informaciones.

3.6.3 Funcionalidades del servidor de media

Las funcionalidades del servidor de media SIP incluyen las funciones de control de la media y de recursos media:

Solución IP PBX en una NGN

Anuncios: la mayor parte de los servicios evolucionados utiliza formas de anuncios, bien sea un mensaje de bienvenida durante el acceso a su buzón de mensajes unificado o de un mensaje de introducción a un portal local. La utilización de un servidor de media SIP para realizar servicios de anuncios permite no tener que desplegar un nuevo servidor de anuncios.; reduciendo así el número de elementos de red y simplificando la gestión de la red. Un equipo de almacenamiento externo puede ser utilizado para almacenar anuncios creando así una solución confiable y escalable. El protocolo RTP esta utilizado para entregar el anuncio al usuario.

Automated Speech Recognition (ASR): el reconocimiento de la palabra es un componente de la mayor parte de los servicios al usuario tales como mensajería vocal (voicemail), la mensajería unificada, juegos interactivos y portales vocales.

Generación de información de tasación: una tasación precisa y justa es una exigencia por los operadores de servicio con el fin de ofrecer servicios de voz y datos con fuerte valor agregado. El servidor de media SIP genera informaciones de tasación.

Interactive Voice Response (IVR): el servidor de media SIP debe soportar la detección de tonalidades DTMF enviadas en la banda así como los dígitos recibidos vía SIP INFO.

Grabación: el servidor de media SIP tiene capacidades de grabación y de restitución (playback). Numerosas aplicaciones tales como la mensajería vocal, la mensajería unificada, el pushto-talk y a conferencia utilizan esta función, por ejemplo, grabación de la llamada para que sea restituida anteriormente. El servidor de media SIP utiliza servidores de almacenamiento que existen donde el operador de servicios.

Text-To-Speech: la tecnología “text-to-speech” está estrechamente asociada a la funcionalidad IVR. El “text-to-speech” es utilizado en aplicaciones tales como la mensajería unificada a fin de leer E-mail o fax a través del teléfono. La traducción puede ser realizada en varios idiomas.

Solución IP PBX en una NGN

Gestión del multipartes: el servidor de media SIP debe ser capaz de proveer todos los mecanismos de control de las llamadas con varios participantes. Esta funcionalidad es utilizada dentro de numerosas aplicaciones tales como conferencias o el Push-To-Talk.

Transcodificación: la transcodificación permite convertir un esquema de codificación digital en otro. En el caso de una conferencia donde los participantes no disponen de un mismo codificador común, el servidor de media SIP asegurara entonces las traducciones de media necesarias.

Interfaces estándares abiertos: el servidor de media SIP debe poder ser controlado a través el protocolo SIP y debe poder ejecutar escritos Voice XML.

Capítulo 4. Análisis técnico y comparativo de E1 PRI vs. IP PBX

4.1 Análisis Técnico

En este capítulo haremos un análisis del funcionamiento de las tecnologías E1 PRI e IP PBX en un lenguaje más amigable, partiendo de la información reflejada en el marco teórico; esto con el objetivo de comprender y contrastar ambas tecnologías, y por qué la solución IP PBX es por mucho, más factible que la E1 PRI.

4.1.1 Tecnología E1 PRI

Como hemos mencionado en el marco teórico, esta tecnología del siglo pasado, basa su funcionamiento en la conmutación de circuitos.

Está compuesta por 32 canales, de los cuales 2 se usan para sincronización y señalización y el resto para el transporte de “carga útil”, como la voz.

El CORE de la red del ISP, es decir, la central telefónica o específicamente el Media Gateway, provee una cantidad limitada de STM1s, cada STM1 contiene 63 E1s, estos E1 se distribuyen para diferentes usos dentro de la red, en nuestro caso de estudio, los E1s PRI.

La red de transporte o de transmisión es la encargada de hacer llegar estos E1s PRI hasta donde el cliente, por medio de diferentes equipos de transmisión, llegando a

Solución IP PBX en una NGN

la red de acceso y finalmente conectándose a la PBX del cliente, por medio de cobre, fibra o enlace de radio.

La PBX del cliente, es también una central telefónica, lógicamente de menor “potencia” que enruta las llamadas tanto internas en la red del cliente a las diferentes extensiones, como hacia y desde la PSTN, gracias al E1 PRI.

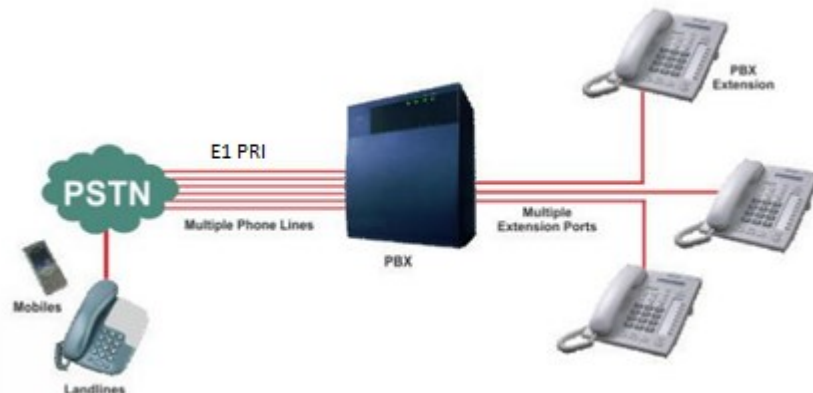


Figura 32 Esquema conexión E1 PRI

Cuando se establece una llamada entre la PSTN y la centralita del cliente, se usa el canal 16 de señalización para establecer y controlar la sesión de la llamada, es decir, este canal se usará para la transferencia de mensajes de sesión de acuerdo al protocolo SS7, iniciando la llamada con un mensaje IAM, mientras en uno de los restantes canales, que son seleccionados de manera aleatoria o respetando un orden, esto en dependencia de la configuración establecida, es usado para transmitir la voz de los interlocutores de la llamada.

Para finalizar la llamada, cualquiera de los usuarios de la sesión, cuelga el equipo telefónico, con esto se genera un mensaje de liberación de sesión REL.

4.1.2 Tecnología IP PBX

Contrario a la tecnología anterior, la IP PBX basa su funcionamiento en la conmutación de paquetes, dando mayor rendimiento al uso de la red, es decir, con esta tecnología se aprovecha a cabalidad el ancho de banda de la red, ya que se hará un uso inteligente cuando sea necesaria la transmisión de los paquetes de voz. Sumado a esto, la IP PBX al estar basada en SIP, hace uso de codecs de voz, lo

que permite configurar codecs de mayor o menor nitidez en dependencia del ancho de banda disponible.

En la IP PBX se pierde el concepto de canales, las llamadas son establecidas por medio de sesiones, cuyo número está definido por configuración tanto en la red del proveedor, como en la centralita IP del cliente, este número de sesiones, contrario al E1 PRI, en el que se definían 30 canales, es un número más flexible, que dependerá del ancho de banda y de lo necesario por el cliente, es decir, un cliente pequeño podrá contratar 5 sesiones mientras uno grande podría solicitar 100 sesiones, por ejemplo.

En el extremo CORE, la cantidad máxima de sesiones permitidas por el proveedor son dadas por el ancho de banda en la red MPLS, los cuales actualmente rondan los 10 GB por interfaz, permitiendo así, cientos de miles de sesiones que pueden ser manejadas por la red IMS.

Lógicamente los elementos de la red IMS también son los encargados de iniciar, controlar y terminar las sesiones de las llamadas, gracias a lo establecido por el protocolo SIP, cada mensaje de señalización contiene en su cabecera, información para enrutar las llamadas por el camino más eficiente posible.

De igual manera que en la tecnología E1 PRI, la tecnología IP PBX necesita una red de transporte para llegar hasta donde el cliente, para nuestro caso de estudio, la red MPLS, compuesta por decenas de quipos enrutadores, hasta llegar a la última milla o red de acceso, donde se conecta la red IMS a las IP PBX, preferiblemente mediante fibra óptica.

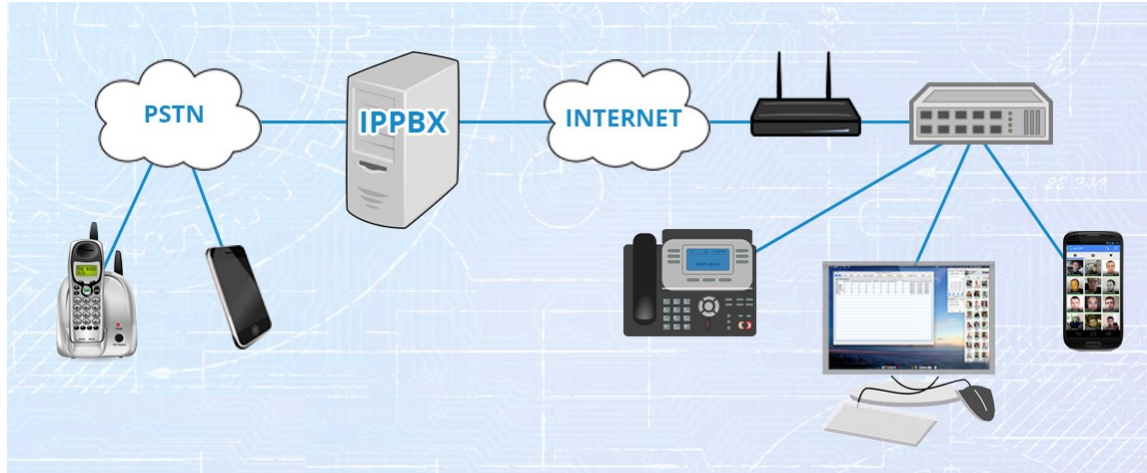


Figura 33 Esquema conexión IP PBX

Para la puesta en servicio de una centralita IP, esta debe inicialmente “conversar” con la red IMS, en la que se comparten datos de registro, como dominio, nombre de usuario, contraseña; que hacen de esta solución una apuesta mucho más segura tanto para el proveedor como para el cliente.

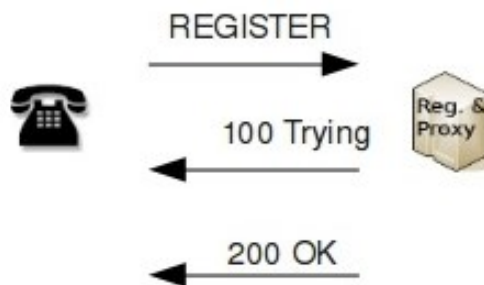


Figura 34 Proceso de registro SIP

Una vez registrada la centralita IP del cliente, ya es posible que establezca una llamada, inicialmente se establece la sesión: nuevamente la centralita IP “conversa” con la red IMS para seleccionar parámetros por ejemplo, de codecs, uso de fax u otros servicios, temporizadores de expiración, también en este momento se definen

la IP de tráfico, es decir, donde se van a enviar los paquetes RTP (que transportan la voz), entre ambos extremos de la llamada.

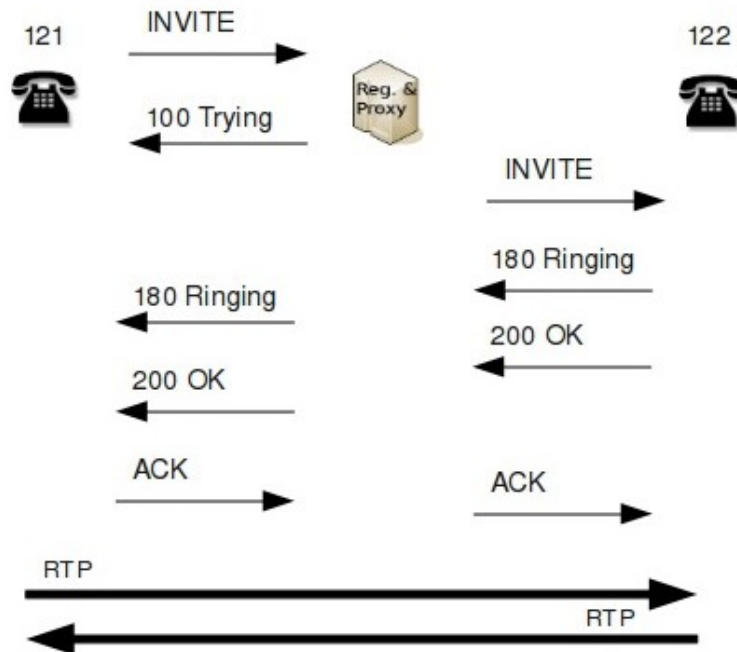


Figura 35 Establecimiento de sesión de llamada SIP

Al momento que la llamada se establece, inicia el flujo de mensajes RTP, los cuales, al ser una red inteligente, se dejarían de transportar si uno de los interlocutores guarda completo silencio, disminuyendo así el uso de ancho de banda innecesario en el transcurso de una llamada ya establecida.

Durante el transcurso de la llamada, pueden suceder actualizaciones de la sesión, donde se comparte información, por ejemplo, de cambio de codecs, si uno de los dos extremos de la llamada prefiere cambiarlo, o mensajes de mantenimiento de la sesión, para confirmar que la llamada aún está establecida.

Finalmente, cuando uno de los interlocutores corta la llamada, mensajes de fin de sesión se comparten para notificar a la red IMS y a la centralita IP del cliente, que la

llamada ha terminado, liberando completamente el ancho de banda en la red, y dejándolo disponible para cualquier otro tráfico que se desee transportar.

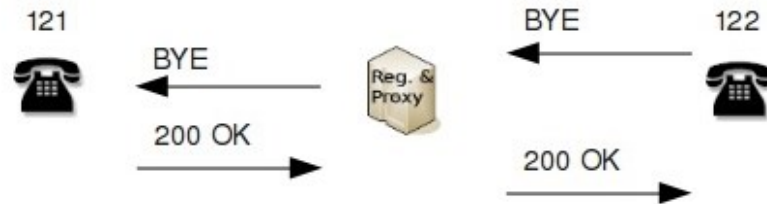


Figura 36 Finalización de llamada SIP

Todas las llamadas realizadas a través de un teléfono SIP, ya sea un softphone o un aparato en el escritorio, consisten de dos canales:

Señalización de la llamada – SIP

Media (audio / video) – RTP

La señalización es transportada a través de paquetes SIP sobre protocolo UDP o TCP (normalmente UDP). Puede utilizarse para registrar un dispositivo en la central telefónica, iniciar o finalizar una llamada, enviar notificaciones de puesta en espera de la llamada, realizar transferencias, enviar señales DTMF, etc. Típicamente el servidor de la central telefónica espera recibir mensajes SIP en el puerto 5060, por lo que podría ser necesario configurar los cortafuegos (firewalls) que pudiera haber en la red para permitir el tráfico de esos paquetes de datos hacia el servidor sin ser filtrados. Usualmente el teléfono SIP primero se registrará en la central telefónica enviándole un mensaje SIP al puerto 5060, indicándole dentro del mensaje de registración el número del puerto donde el teléfono espera recibir llamadas. Cuando la central telefónica necesite enviar una llamada a un teléfono SIP, comenzará la conversación enviando un mensaje SIP al puerto indicado por el teléfono SIP al registrarse.

La media, típicamente audio, es enviada en paquetes RTP sobre protocolo UDP. Es utilizada para enviar la media de la llamada, incluyendo audio, video o señales DTMF (como un tipo de media especial, o embebida en el audio).

Existen básicamente dos tipos de mensajes:

Mensajes de requerimiento (Requests), enviados utilizando alguno de los métodos SIP listados abajo.

ACK – Es utilizado para responder a un mensaje de estado de SIP en el rango 200-699 mientras se encuentra dentro de un diálogo SIP INVITE.

BYE – Es utilizado para finalizar una sesión previamente establecida, como una llamada iniciada con un mensaje SIP INVITE.

CANCEL – Es utilizado para cancelar un requerimiento (como un INVITE o inicio de llamada que aún se encuentra en progreso pero que no ha sido atendida).

INFO – Es utilizado para proveer señalización adicional, no necesariamente relacionada a una llamada en progreso. Los mensajes SIP INFO son típicamente utilizados para enviar notificaciones de dígitos DTMF presionados (aunque las notificaciones a través de RFC 2833 son preferidas para esto), y también son una forma de establecer funcionalidad MWI (message waiting indicator) en los teléfonos SIP.

INVITE – Es utilizado para iniciar un diálogo de sesión – típicamente para establecer una llamada telefónica.

NOTIFY – Es utilizado por el servidor de la central telefónica para comunicar estadísticas, típicamente a los teléfonos SIP. La transferencia de una pata de una llamada desde un extremo a otro podría ser señalizado utilizando este método SIP, en el contexto de un diálogo SIP REFER. La información de MWI también puede ser entregada de esta forma. Normalmente el teléfono SIP previamente ha establecido un diálogo SIP utilizando un requerimiento SIP SUBSCRIBE, y los mensajes SIP NOTIFY son entregados en el contexto de ese diálogo.

OPTIONS – Es utilizado por un cliente SIP para consultar a otro cliente SIP o proxy sobre sus capacidades y descubrir los métodos soportados, tipos de contenido,

Solución IP PBX en una NGN

extensiones, codecs, y demás, antes de, por ejemplo, establecer una llamada utilizando el método SIP INVITE.

PRACK – Acuse de recibo provisional

REFER – Utilizado por un cliente SIP para suscribirse a notificaciones de cambio durante el flujo de una llamada, por ejemplo. Típicamente es visto cuando un teléfono solicita transferir una llamada.

REGISTER – Utilizado para registrar o des-registrar un cliente SIP. Un teléfono no registrado no puede recibir requerimientos SIP INVITE, por lo que no puede recibir llamadas entrantes.

SUBSCRIBE – Utilizado por un teléfono SIP para establecer un diálogo SIP para recibir estadísticas. Un ejemplo típico es la información MWI para el número de la extensión configurada en el teléfono. De este modo el teléfono puede mostrar al usuario cuando tiene correo de voz pendiente.

UPDATE – Modifica el estado de la sesión.

Mensajes de estado, emitidos con un indicador de estado numérico.

100-199 – Utilizado para indicar un estado temporal, como “100 Trying” (intentando) o “180 Ringing” (teléfono sonando).

200-299 – Utilizado para indicar un estado final exitoso, como “200 OK”, que puede ser utilizado para indicar que una llamada se ha establecido exitosamente, o que ha sido finalizada exitosamente.

300-399 – Utilizado para indicar un estado final de falla, pero con información sobre la nueva ubicación del usuario, o sobre servicios alternativos que podrían contestar la llamada. Estas son típicamente respuestas generadas por los teléfonos SIP cuando las funcionalidades de “Redireccionar todas las llamadas” o “No molestar” están activadas en el teléfono.

Solución IP PBX en una NGN

400-499 – Utilizadas para indicar un estado final de error, pero local al SIP Proxy que generó este mensaje – indicando que es posible que algún otro SIP Proxy pueda estar en posición de atender exitosamente el requerimiento.

500-599 – Utilizado para indicar que el servidor de la central telefónica ha encontrado un error interno. Ejemplos son “500 Server Internal Error” y “501 Not Implemented”.

600-699 – Utilizado para indicar un estado final de error, y que este estado es global por naturaleza – indicando que el requerimiento no va a poder ser procesado por ningún otro SIP Proxy.

Como se ha descrito, estas dos tecnologías tienen un mismo objetivo, comunicar dos interlocutores de la mejor manera posible, sin embargo, es notorio que la tecnología E1 PRI, si bien ha cometido su función de manera correcta, ha quedado obsoleta frente a las nuevas exigencias en telecomunicaciones requeridas tanto por los usuarios, como por las ventajas de las mismas redes, la flexibilidad que provee la solución IP PBX está distanciada extensamente de su predecesora; QoS, codecs, seguridad, uso de ancho de banda, equipos inteligentes, aplicaciones, reducción de costos, sencillez, movilidad, interoperabilidad, características de las que hablaremos a continuación, demuestran sin duda alguna la superioridad tanto técnica como operativa de la tecnología IP PBX; la red ha evolucionado de manera drástica en la última década, por tanto, debemos adecuarnos a este avance adoptando una red telefónica que cumpla y aproveche este avance. [15]

4.2 Comparativa E1 PRI vs. IPPBX

En este apartado se van a realizar comparaciones de las características de ambas tecnologías para entender las ventajas que tiene IP PBX sobre E1 PRI.

4.2.1 Calidad de llamada

Las redes desarrolladas a lo largo de los años para transmitir las conversaciones de voz, se basaban en el concepto de conmutación de circuitos, o sea, la realización de una comunicación requiere el establecimiento de un circuito físico durante el tiempo que dura esta, lo que significa que los recursos que intervienen en la realización de una llamada no pueden ser utilizados en otra hasta que la primera no finalice,

incluso durante los silencios que se suceden dentro de una conversación típica y de esta manera se garantiza la calidad de servicio en la llamada.

En contraposición a esto tenemos las redes de datos, basadas en el concepto de conmutación de paquetes, o sea, una misma comunicación sigue diferentes caminos entre origen y destino durante el tiempo que dura, lo que significa que los recursos que intervienen en una conexión pueden ser utilizados por otras conexiones que se efectúen al mismo tiempo, para poder lograr esto y mantener la calidad de la llamada entran en juego elementos como los codecs y QoS.

En la actualidad existen varios modelos de codecs utilizados en voz sobre IP, y de acuerdo al algoritmo escogido para la transmisión, así será la calidad de voz, el ancho de banda necesario y la carga computacional. El objetivo principal del codec es encontrar un equilibrio entre eficiencia y calidad de voz.

Quality of service (QoS) o calidad de servicio experimentada por el usuario final en la telefonía IP, se ve afectada por los sucesivos procesos de codificación, decodificación, buffering en los terminales, encolamiento, pérdidas de paquetes en la red, provocando demora de extremo a extremo y afectando la interactividad en la conversación.

Las redes IP comunes no ofrecen garantía de QoS, pero las aplicaciones de telefonía IP si necesitan esta garantía en términos de demora, jitter y pérdida de paquetes. Por tal motivo existen mecanismos de señalización de cara a la red que garantizan la QoS, tales como IntServ y DiffServ. [16]

Es recomendable no solo buscar QoS en la red, sino también en todos aquellos elementos que de alguna manera están involucrados en el servicio de voz sobre IP, tales como terminales y procesos desarrollados, cabe mencionar que en gran medida la pérdida de paquetes, la demora, las fluctuaciones experimentadas, dependen de los mecanismos implementados en los terminales.

Es obvio que el segundo tipo de redes proporciona a los operadores una relación ingreso/recursos mayor, es decir, con la misma cantidad de inversión en

infraestructura de red, obtiene mayores ingresos con las redes de conmutación de paquetes, pues puede prestar más servicio a sus clientes.

Ahora bien respecto a la estabilidad y fiabilidad argumentada por los defensores de modelos PBXs convencionales, las redes ethernet configuradas adecuadamente con conmutadores avanzados están acercándose a la fiabilidad típica de las redes de voz, expresada en los clásicos cinco nueves (99.999%).

4.2.2 Costos

La reducción de costos es una de las grandes ventajas que tiene el migrar de E1 PRI a IP PBX, esto es debido Reducción en costos de infraestructuras de red, debido a que la red de datos y la red de telefonía se hacen una sola, el mantenimiento, configuración y su administración, permiten reducir costos de personal y administración ya que se harán por el personal de sistemas de la empresa. Además, todos aquellos proyectos relacionados con la telefonía de la empresa en el futuro, se podrá llevar a cabo con el mismo personal. [17]

Son escalables, fáciles de instalar y simples de manejar. Un sistema telefónico que es escalable puede crecer con un negocio, si es fácil de instalar libera tiempo para otras tareas y si es fácil de gestionar asegura que la empresa puede centrarse en sus clientes y no en la tecnología de su sistema telefónico.

En general, a continuación se describen las ventajas económicas de mayor relevancia al adquirir el sistema telefónico PBX-IP.

- Ahorro en la gestión de una sola red en comparación con una red de datos y de voz.
- Una vez que la empresa multi-sucursal ubicada en diferentes sedes utilice el nuevo sistema de voz sobre IP, todas las llamadas entre sedes se encaminarán a través de la red de datos, y no a través de la red de telefonía tradicional.

Solución IP PBX en una NGN

De esta manera el coste de estas llamadas quedará reducido a la inversión inicial, y se podrá realizar determinado volumen de llamadas entre empresas sin incremento alguno en el coste.

- A través de los proveedores de servicio VOIP se puede ahorrar en llamadas internacionales a otras empresas en diferentes partes del mundo, debido a que el costo de estas llamadas son casi similares al de una llamada local en ese país.
- Ahorro en costos de energía, debido a que solo un PBX-IP es necesario para conectar múltiples sedes, además pueden compartir una sola recepcionista, asistente automático, y el sistema de correo de voz.
- Por lo general el gasto total de adquisición se ve reducido debido a que los gastos ordinarios en muchos aspectos son más bajos, tales como la capacitación y contratación de personal calificado, debido a que el mismo personal de sistemas puede manejar la telefonía IP, mensajería unificada, correo de voz, conferencia de audio, Web y vídeo.

4.2.3 Seguridad

Para las redes de voz sobre IP existen varias amenazas en los sistemas operativos, teléfonos, protocolos, dispositivos de red y el software. La información que transporta una llamada telefónica es muy valiosa, por ejemplo en un servidor, una señal comprometida podría usarse para configurar y dirigir llamadas, un atacante informático puede adquirir listas de entrada y salidas de llamadas, su duración y sus parámetros, inclusive grabar las llamadas y obtener datos del usuario.

Una de las formas para prevenir los ataques de los intrusos es a través del uso de la encriptación, aunque lógicamente no es sencillo capturar y decodificar los paquetes de voz, si puede hacerse, desafortunadamente esta técnica utiliza cierto ancho de banda. Virtual personal network (VPN), Internet Protocol security (IPsec) y otros protocolos como el secure RTP (SRTP), son métodos de encriptación. La clave de un buen funcionamiento de la encriptación es saber escoger un algoritmo rápido, eficiente, y emplear un procesador dedicado de encriptación.

Solución IP PBX en una NGN

Es recomendable incluir en el proceso de seguridad a todos aquellos elementos que componen la red de voz sobre IP, tales como swiches, servidores de llamadas, routers y teléfonos IP, estos elementos deberán de estar actualizados en términos de parches, y cada uno configurado de una manera correcta. Se observa que es el mismo tipo de precauciones tomadas cuando se añaden nuevos elementos a la red de datos, solo que ahora estas precauciones hay que incluirlas en la red de voz sobre IP.

En la red de voz sobre IP es recomendable incluir ya sea un firewall o bien un intrusion detection system (IDS) para mejorar el sistema de seguridad. Un firewall utiliza listas de accesos y otros métodos, para prevenir accesos no deseados a la red privada, en cambio un IDS hace un análisis en tiempo real del tráfico en la red, buscando anomalías y mal usos de los host o direcciones que quiera entrar a lugares no autorizados. [18]

La amenaza para E1 PRI es tan básica como “pinchar” el par de cobre trenzado dedicado para la línea telefónica y así escuchar las conversaciones por medio de un transmisor.

Si bien para telefonía IP existen varias amenazas, el seguir a pie de letra las recomendaciones de seguridad harán muy complicado que un atacante pueda capturar y decodificar los paquetes de voz, se requiere tener un nivel técnico alto en networking y security para poder lograr esto.

Es evidente que el hecho de tener una red en vez de dos, es beneficioso para cualquier operador que ofrezca ambos servicios, ya que genera gastos inferiores de mantenimiento, personal cualificado en una sola tecnología, un solo servicio para los clientes con muchas vertientes y menos publicidad.

Estos problemas de calidad de servicio telefónico a través de redes de conmutación de paquetes van disminuyendo con la evolución de las tecnologías involucradas, y poco a poco se va acercando el momento de la integración de las redes de comunicaciones de voz y datos. Lo que tenemos hasta hoy es una red de acceso, que incluye el cableado desde el hogar del abonado hasta las centrales locales y el equipamiento necesario, y una red de transporte, que incluye las centrales de rango

superior y los enlaces de comunicaciones que las unen. La comunicación se lleva a cabo por conmutación de circuitos.

En la telefonía IP el cambio fundamental se produce en la red de transporte: ahora esta tarea es llevada a cabo por una red basada en el protocolo IP, de conmutación de paquetes, por ejemplo Internet. En cuanto a la red de acceso, puede ser la misma que en el caso anterior, físicamente hablando (bucle de abonado).

4.2.4 Funcionalidades

El PBX-IP reemplaza la parte central del hardware PBX convencional por la propia red IP, pasando el procesamiento de las llamadas a un servidor. Este procesamiento y las funciones como conmutación de llamadas, y acceso a las extensiones pueden ser distribuidos a través de diferentes plataformas o, incluso, de forma externa, constituyendo de esta forma una alternativa de mucha mayor flexibilidad.

Todo esto permite integrar la telefonía a una computadora de forma más sencilla, ofreciendo la posibilidad de introducir nuevos servicios (funcionalidades). También es la única alternativa para compartir completamente la infraestructura de voz y datos, con el consiguiente ahorro de costes. A continuación algunas características/funcionalidades:

- Tiene la capacidad de proveer a sus usuarios el acceso a herramientas de comunicación corporativa desde cualquier ubicación. Permitiendo ofrecer soluciones sin comprometer la seguridad.
- El administrador de red puede manejar el sistema telefónico de la empresa desde un navegador Web, además será capaz de supervisar las llamadas en tiempo real y realizar un seguimiento de registros de llamadas, característica útil en el diagnóstico de problemas o cuestiones que puedan surgir.
- Permite comunicaciones unificadas, agrupando los mensajes de texto, voz y fax, a un solo buzón de mensajería.
- Permite la libre comunicación entre las oficinas que pertenecen a una empresa multi-sucursal, incluso si están situadas en diversas partes del mundo.

Solución IP PBX en una NGN

- Para trasladar un teléfono basado en IP basta con desenchufarlo y volverlo a enchufar en otro punto con acceso a la red de datos. Esto permite evitar los costosos servicios necesarios para trasladar un teléfono de un proveedor de PBX tradicional.

- Incluye un interactive voice response (IVR), capaz de dirigir las llamadas externas a los usuarios internos con extensiones telefónicas.

Generalmente en un PBX convencional, agregar funciones implica desarrollar o modificar módulos basado en hardware que utilizan su propia infraestructura física de 2 hilos, los terminales digitales son cerrados, la señalización entre PBXs suelen ser protocolos propietarios, la gestión y mantenimiento no es tan amigable y es algo complejo, el desarrollo de aplicaciones o servicios de valor agregado es muy limitado.

4.2.5 Desventajas de IP PBX respecto a E1 PRI.

A nivel técnico IPPBX es superior a E1 PRI pero también debemos mencionar que existen ciertas desventajas que vamos a describir a continuación:

- A nivel económico, las micro pymes tienen problemas para realizar la inversión inicial de su equipo IP PBX así como para preparar su infraestructura LAN para migrar a IP PBX, pero cabe destacar que los operadores están optando por facilitar subsidios para que la inversión inicial sea menos pesada financieramente hablando, una de estas facilidades es proveer un equipo convertidor de tecnología IP a E1 PRI con el objetivo de integrar al cliente a la red IMS aunque tenga un terminal PBX (E1 PRI). Todo esto se traduce en un ahorro que a mediano plazo puede ser reinvertido en una IP PBX y una infraestructura LAN responsable.
- IP PBX es una tecnología relativamente nueva, esto quiere decir que es necesario invertir en la capacitación del personal que va a realizar el mantenimiento de la IP PBX, aunque también hay que mencionar que esta capacitación no es tan rigurosa ya que el cliente habitualmente cuenta con personal de IT que está familiarizado con tecnología IP, y SIP estando basado en el protocolo IP hace que la transición sea más sencilla.
- Aunque hemos dicho anteriormente que la tecnología IP PBX cuenta con muchas herramientas para hacer de esta una solución segura, se puede traducir en una desventaja que el cliente no aplique de manera íntegra las recomendaciones a nivel de seguridad en su red LAN (UTM + Firewall), al no hacerlo esto dejaría abierta una brecha de seguridad que sería aprovechada por un atacante para hackear su red y sufrir las consecuencias que esto conlleva.

5.1 Requerimientos de red del cliente

En este capítulo se van a indicar los requerimientos técnicos necesarios en la red del cliente para poder brindar el servicio de IPPBX.

Para iniciar se debe de tener una red de datos capaz de soportar telefonía IP una vez listo esto se debe definir qué equipo PBX-IP se desea adquirir en base a las necesidades, presupuesto de la empresa.

El éxito de implementar un sistema de telefonía IP en una empresa, se debe en gran medida al conocimiento de la infraestructura de la red de datos para determinar si cumple con los requisitos de esta nueva tecnología. [19]

Además es necesario planificar, elegir e implementar la solución de telefonía IP que más se adecue a las necesidades de la empresa en donde se desea implementar.

Estos son los principios básicos relativos a la planificación e implementación de un sistema de telefonía IP en una empresa.

5.1.1 Requisitos de red para el sistema de voz de alta calidad

Para que la telefonía IP sea de alta calidad, la infraestructura de la red de datos LAN/WAN debe ofrecer un nivel de rendimiento suficiente y cumplir con ciertos requisitos mínimos de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

- Nivel suficiente de rendimiento

Este dato se debe en gran medida a que el sistema de voz sobre IP requiere de cierto ancho de banda para su funcionamiento, y debido a que este último varía en función del número de llamadas simultáneas y del codec utilizado por el auricular o softphone, es necesario determinar el número de llamadas simultaneas que se establecerán, así como el tipo de codec a implementar para obtener un buen rendimiento del sistema, por ejemplo al utilizar el codec G.711 con compresión de encabezado RTP, el ancho de banda necesario por llamada es de 82 Kbps, con ADPCM sin compresión se requiere 52 Kbps y con G.729 sin compresión es de 26 Kbps por llamada.

- Requisitos de latencia y jitter

La latencia es el tiempo que lleva muestrear la voz de origen, empaquetarla, enviarla por una red IP, desempaquetarla y reproducirla al usuario destino, en otras palabras es el tiempo transcurrido desde que la voz sale de la boca hasta que llega al oído. Por tanto una de los factores que provocan alta latencia es la distancia, provocando retardo en la comunicación e interrupción en el flujo natural de la conversación, lo que hará que los interlocutores confundan la latencia por pausas en la conversación.

Para llamadas de alta calidad, la latencia no debe superar los 100 ms (milisegundos) en una dirección, y los 150 ms para llamadas de voz de calidad aceptable. A los 150 ms los retrasos se hacen perceptibles pero los interlocutores aún pueden mantener una conversación. [20]

El jitter es la variación de latencia producida en redes LAN y WAN como consecuencia de que los paquetes de telefonía IP llegan a su destino en patrones irregulares. Entre los principales causantes del jitter se encuentra la congestión de red, métodos de cola utilizados en enrutadores y conmutadores, opciones de enrutamiento como multiprotocol label switching (MPLS) y retransmisión de marcos utilizadas por los proveedores. Una forma para disminuir el jitter, podría ser medir el jitter del sistema y cambiar dinámicamente el tamaño de los búferes de recepción y así optimizar la calidad de la voz.

- Requisitos de pérdida de paquetes

Perdida ocasionada por la congestión en la red, larga distancia y mala calidad de línea, produce efectos de sonido metálico e interrupciones en la conversación. La pérdida de paquetes no se puede recuperar debido a que RTP se ejecuta en el protocolo UDP. Cabe mencionar que la calidad de voz se vería mermada aunque solo se perdiera el 1 o 2 % de los paquetes de telefonía IP.

5.1.2 Lista de control para la evaluación e implementación de telefonía IP

Es muy importante que antes de comprar cualquier equipo de telefonía IP se haga una evaluación que determine la mejor forma de implementar la telefonía IP en la empresa, a continuación se describe una serie de puntos a tomar en cuenta.

- Analizar los requisitos empresariales

Es importante definir el uso que se le dará al sistema de telefonía IP, predecir cuál será la frecuencia y cantidad de llamadas en la red, además determinar el número de sedes que abarcará el sistema. El ancho de banda es también un dato importante a tomar en cuenta, ya que variará en función del volumen de llamadas, aplicaciones utilizadas e incluso los codec instalados en los teléfonos IP. Por ejemplo, se requiere de un ancho de banda de 820 Kbps para admitir simultáneamente 10 llamadas usando el codec G.711. [21]

Las aplicaciones podrían ser video, voz, basadas en Web, correo electrónico, copias de seguridad y exploración Web, cada una de ellas con un determinado consumo de ancho de banda. A medida que se conozca la carga de aplicaciones sobre la red ayudará a satisfacer las demandas en tiempo real de la telefonía IP.

Es importante también planificar el sistema de modo que pueda ampliarse en el futuro, debido que en la actualidad tal vez solo se requiera de diez llamadas por minuto, pero más adelante puedan ser 30 llamadas, por tanto el sistema debe tener capacidad de crecimiento.

- Realizar una evaluación de la red de datos

Para que la telefonía IP pueda brindar un servicio de voz de alta calidad, se requiere de una red ethernet conmutada de 10 Mbps, 100 Mbps o Giga ethernet, actualizar los equipos de red, hacer uso de redes LAN virtuales para transmitir la voz, limitar o eliminar los protocolos de difusión o chat. Esta evaluación es de mucha importancia debido a que constituye un indicador muy claro de la disponibilidad de la red para admitir un sistema de telefonía IP y otras aplicaciones en tiempo real.

- Conectividad en varias sedes de la empresa

Se debe determinar el número de conexiones entre las diferentes sedes, así como definir el ancho de banda de la red WAN que existe en cada una sede y determinar el número de llamadas de voz requeridas por cada una de ellas.

Los sistemas de telefonía IP pueden ser implementados en circuitos WAN compartidos, dedicados o en servicios IP administrados, conexiones digital subscriber line (DSL) podrían ser utilizados para conectar oficinas pequeñas.

- Calidad de servicio en la red

La calidad de servicio jugará un papel importante dentro del sistema de telefonía IP, debido a que le deberá dar prioridad al tráfico de voz con respecto al resto del tráfico sensible a retrasos, de modo que las conversaciones de voz no se vean interrumpidas por las grandes transferencias de datos.

- Se debe establecer service level agreement (SLA) o acuerdo de nivel de servicio

Es necesario negociar con el proveedor de servicios WAN un SLA que garantice un alto rendimiento en la red, disponibilidad, y cantidades aceptables de latencia, jitter y pérdida de paquetes.

5.1.3 Requisitos técnicos mínimos para implementación del PBX-IP

Los diferentes equipos PBX-IP deben de cumplir ciertos requisitos mínimos para un correcto funcionamiento, los principales se describen a continuación:

- El PBX-IP deberá incluir todo el equipo y sistemas necesarios tanto en hardware como en software, así como todo el licenciamiento necesario para proveer características y funciones de telefonía.

Solución IP PBX en una NGN

- El sistema telefónico debe soportar el manejo de teléfonos IP, softphone y si se desea seguir usando teléfonos análogos es necesario implementar adaptadores para IP.
- El sistema deberá permitir el crecimiento modular y ordenado, al inicio con un número determinado de puertos pero con capacidad de crecimiento sobre una misma plataforma de hardware, es decir, el sistema de procesamiento deberá ser capaz de funcionar en la configuración inicial de hardware seleccionado hasta su máxima capacidad.
- Garantizar una disponibilidad del 99.999 % similar a los sistemas de voz.
- Para un mejor funcionamiento, el sistema telefónico deberá trabajar con calidad de servicio QoS.
- Para prestar nuevos servicios, el sistema deberá permitir actualizaciones tecnológicas, sin necesidad de añadir hardware, sino solamente con la actualización o instalación de software.
- Capacidad en implementar funcionalidades de mensajería unificada, gestión de tarificación, IVR, funcionalidades básicas como desvíos, identificador , captura y transferencia de llamadas, música en espera, conferencias internas y externas (indicar el número máximo de participantes), restricción de acceso, etc.

5.1.4 Equipos PBX-IP

Hoy en día existe una variedad de equipos que dependiendo de los fabricantes pueden ser libres o propietarios cuyo software a veces requieren de licencias de funcionamiento, a continuación los equipos más conocidos en la actualidad.

- Asterisk

Central telefónica PBX-IP basada en software, capaz de proveer todas las características que se podrían obtener con un PBX convencional. Se ejecuta sobre los sistemas operativos Linux. A través de los diferentes protocolos permite realizar

Solución IP PBX en una NGN

voz sobre IP e interoperar con casi todo el equipamiento e infraestructura basada en los estándares de telefonía convencional utilizando hardware relativamente económico.

Incluye muchas características que anteriormente solo disponían sistemas propietarios *PBXs* con un costo adicional relativamente caro, características tales como, conferencias, buzón de voz, *IVR*, música en espera, identificador de llamadas, cola de llamadas, administración de llamadas entrantes y salientes, panel de monitoreo, grabación de llamadas, manejo de líneas digitales y análogas, detalle de llamadas, entre otras. Además crear nuevas funcionalidades es cuestión de añadir nuevos módulos escritos en algún lenguaje de programación, por lo regular en C.

Mientras que las comunicaciones *IPs* se llevan a cabo a través de la interfaz de red de la máquina, la cual puede utilizarse para interoperar con diversos sistemas de voz sobre *IP* tales como, *hardphones* y *softphones*. La comunicación hacia la *PSTN* se puede llevar cabo añadiendo hardware especializado al *PBX-IP* para la interconexión con esta red.

- 3Com Corporation

Es uno de los proveedores líderes en productos prácticos de alto valor para redes de voz y datos. Uno de sus modelos el NBX V3000 es un sistema telefónico capaz de proveer a una PyME los beneficios de la telefonía *IP* a un costo aceptable y sin mayor complejidad en la instalación, éste modelo ofrece administración integrada de llamadas, correo de voz y conectividad con oficinas centrales en una única plataforma.

Con este sistema se puede administrar fácilmente las llamadas, marcar los números de contactos desde sus computadores personales o utilizar un navegador Web para cambiar cómo y cuándo recibir las llamadas, además se puede revisar y escuchar el correos de voz desde el e-mail.

- Cisco Systems

Solución IP PBX en una NGN

Es uno de los proveedores más grandes de equipamiento de redes de datos en el mundo, ofrece soluciones para todo tipo de empresas. Con su *software* Cisco IOS ofrecen la integración de voz, video y datos, a sus clientes corporativos y proveedores de servicio, que serán capaces de manejar grandes redes y servicios basados en voz sobre *IP* o voz sobre Frame Relay.

Los diferentes modelos de Cisco ofrecen nuevas características como *IVR*, y de seguridad para la autenticación de usuarios e historiales detallados sobre las llamadas realizadas. En *software*, las nuevas características ofrece voz sobre Frame Relay en los routers de acceso, múltiples servicios y en los concentradores se permite al usuario ofrecer voz y evitar los *PBXs* convencionales a través de múltiples circuitos permanentes virtuales, adicionalmente, los clientes tendrán una red de voz sobre *IP* confiable y escalable.

- Nortel Networks

Empresa dedicada a proveer equipos de telecomunicaciones a nivel mundial, a través de la filosofía evergreen ofrece soluciones de telefonía *IP*, protegiendo la inversión en equipos de telefonía tradicional de su marca, permitiéndole al cliente migrar al mundo *IP*, mediante la adición de *hardware* adicional a su *PBX* convencional y actualización de *software*.

- Ericsson

Su arquitectura está basada en el *digital signal processors (DSPs)* que permite el uso del tigris de Ericsson que funciona como un gateway en la solución de voz sobre *IP*, esta tecnologías es llamada por Ericsson como *Call-by-Call* para cada llamada entrante.

De acuerdo al tipo de llamada entrante determinada por el tigres, así será el *software* de procesamiento que se cargará en los *DSPs*, con esta arquitectura, los *DSPs* pueden ser usados para soportar diferentes aplicaciones, provocando una reducción en los procedimientos operativos, en los costos e incrementado la disponibilidad del sistema.

5.1.5 Teléfonos IP

Son teléfonos especializados capaces de transformar la voz humana en paquetes de datos, físicamente se parecen a los teléfonos normales, sin embargo en vez de tener un conector RJ-11 tienen un conector RJ-45 ethernet que se conecta a la red *IP*. Algunos inclusive se conectan mediante una red inalámbrica. En general, se describen algunas características del teléfono *IP*, que podrían variar dependiendo del fabricante.

- Soporte de varios protocolos de *VoIP*: *IAX*, *SIP*, *H233*, etc.
- Soporte de diferentes tipos de codecs de audio: *GSM*, *G.729*, etc.
- Configuración desde el menú del propio teléfono o desde la interfaz Web.
- El diseño, forma, tamaño, color y materiales de fabricación.
- Diferentes tipos de funcionalidades, por ejemplo altavoz, agenda, pantalla, tecla de función y módulos de ampliación.
- Aplicaciones implementadas como *XML*, *HTML* y *Java*.
- Capacidad de realizar videoconferencias.
- Diferentes tipos de conectividad, *Bluetooth*, *USB* y *Wi-Fi*.

5.1.6 Softphones

Son programas o *softwares* que permiten realizar llamadas desde un *host* a otro o a un teléfono *IP*, se ejecuta en los *hosts* o en servidores de trabajo. A continuación se describe algunas características de estos teléfonos que difieren del tipo de fabricante.

- El audio puede ser capturado desde un micrófono, entrada de línea y dispositivos de entrada de audio *USB* o *Bluetooth*.
- Algunos son propietarios, es decir con pago de licencia para su uso.

Solución IP PBX en una NGN

- Otros son *softphones* libres, no necesitan del pago de licencia ya que usan protocolos estándares y abiertos.
- Integración con el entorno de trabajo, con plataformas de acceso y validación de usuarios.
- Permiten la importación y exportación de datos, varias conversaciones simultáneas e incluso varias líneas.

Un ejemplo de *softphone* es el X Lite, con características iguales a las de un teléfono tradicional, incluye llamada en espera, transferencia de llamadas, conferencias, etc. Soporta hasta 3 líneas, ajuste de volumen para el micrófono y bocina, lista de llamadas recientes, y muchas características más.

5.1.7 Mensajería Unificada

Es una solución implementada en las redes convergentes en la que se le permite al usuario integrar en una sola herramienta los servicios de correo de voz, e-mail y el fax, optimizando su sistema de comunicación.

5.1.7.1 Características

El sistema de comunicaciones unificadas cuenta con varias características, a continuación se listan algunas de ellas.

- Ofrece una bandeja de mensajería única a la que el usuario puede acceder a todo tipo de mensajes.
- Acceder a la bandeja de varias maneras, a través de un navegador Web, correo electrónico o dispositivo inalámbrico.
- Ofrece un calendario y planificación, al igual que la bandeja de un correo electrónico.

5.1.7.2 Funcionalidades

La funcionalidad que ofrece este sistema es básicamente la consolidación de una sola bandeja de mensajería, para el envío, recepción, administración de mensajes de voz, correo electrónico, y faxes.

5.1.8 IVR

El *interactive voice response (IVR)* consiste en un conjunto de mensajes de voz y marcación de tonos desde un teléfono, permite realizar transacciones totalmente automatizadas, proporciona al usuario un menú de navegación que le permite contactar con la persona o departamento deseado. Lleva a cabo todas las funcionalidades de una operadora automática, además de interactuar con el propio llamante puede hacerlo con otros sistemas externos.

5.1.8.1 Componentes

En los *PBX* convencionales, el sistema *IVR* consiste básicamente en un servidor independiente equipado de procesadores de señales digitales, encargados del procesamiento de la voz. La interacción con la red telefónica se realiza a través de una conexión dedicada, y para acceder a los recursos corporativos también se conectan a la red de datos; con el nuevo sistema *PBX-IP* esto representa una implementación de *software* que facilita su utilización.

5.1.8.2 Usos prácticos del IVR

Dependiendo del tipo de aplicación de la empresa, así será el uso que le darán al IVR, a continuación unos ejemplos:

- Hotelería

De forma automática permite realizar reservaciones vía teléfono, recordatorios de reservaciones, difusión de promocionales, información acerca del consumo o del estado de la habitación.

- Distribución de productos y ventas

Solución IP PBX en una NGN

Colocar información de las ventas diarias, sin utilizar operarios ni trasladarse del sitio, conocer el tiempo de entrega del pedido, ruta a tomar según fecha y vendedor asignado, información de productos, precios, ofertas, etc.

- Embajadas, consulados y gobiernos

Obtener información acerca de ubicación de oficinas, invitación a eventos, rifas, concursos, patrocinios, cursos, seminarios y días festivos.

- Solicitud de información

Obtener información sobre el estatus de cualquier solicitud, o requisitos para realizar cualquier trámite.

- Citas o entrevistas con funcionarios

Se puede registrar posibles fechas de citas y confirmación de las mismas ingresando el número de pasaporte del solicitante.

- Educación

Inscripción a cursos, obtención de calificaciones, notificación de asistencia.

- Consultas en transporte de líneas aéreas y autobuses

Conocer el horario de salida y llegada, información acerca de sus programas de kilómetros, viajeros frecuentes, etcétera.

- Tiendas

Colocar información acerca de planes de crédito, de saldo, centros de servicio autorizado, difusión de promociones, etc.

- Financiera

Se pueden hacer consultas de saldo, cotización de monedas extranjeras, transferencias, cotización de bolsa de valores, etc.

5.2 Requerimientos de red del operador

En este capítulo nos centraremos en las demandas por parte del operador para poder brindar el servicio de IP PBX, que se traducen en las necesidades para montar una red IMS, en otras palabras, la Arquitectura IMS.

5.2.1 Arquitectura IMS

En la estructura de las redes de nueva generación, pueden diferenciarse cuatro capas totalmente diferenciadas con distintas funcionalidades, como se observa en la figura. A estas capas también se les denomina ‘planos’ del IMS.

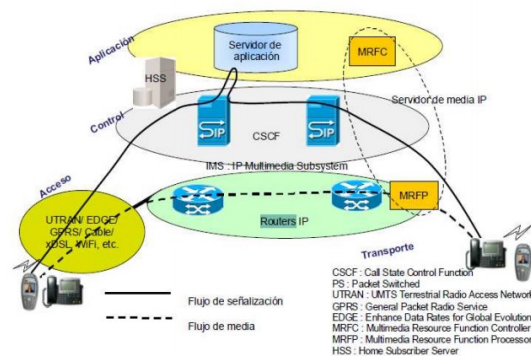


Figura 37 Arquitectura general IMS

Capa de acceso: representa cualquier tipo de acceso con alta velocidad, como por ejemplo UTRAN, CDMA2000, redes de banda ancha, de cable, WIF, pero las redes de acceso tendrán que disponer de capacidad para la conmutación de paquetes, ya que la señalización de IMS se basa en este mecanismo. En el caso de tratarse de una red de conmutación de circuitos habrá que disponer de conversión de la señalización de circuitos a la señalización de conmutación de paquetes. [22]

Capa de transporte: hace referencia a una red IP. El transporte se realiza mediante routers (edge routers para el acceso y core routers para el tránsito de datos) que se encuentran conectados mediante una red de transmisión. Para IMS es transparente la pila protocolaria que haya por debajo del nivel IP.

Capa de control: es la capa donde se centra IMS, tomando el control de toda la señalización e interacción con la capa de aplicación donde se encuentran los

Solución IP PBX en una NGN

diferentes servicios (CSCF). Aquí, los nodos IMS llevan el control de las sesiones de los usuarios. Toda la señalización dentro de IMS funciona sobre TCP/IP ó UDP/IP.

Capa de aplicación: está formada por los servidores de aplicación y servidores de media que proporcionan los servicios a los usuarios. Este es el principal beneficio para los operadores, que pueden integrar nuevos servicios y funcionalidades sobre la capa de control.

Anteriormente hemos explicado los nodos necesarios para formar una red IMS, todos estos elementos son sin duda necesarios por el operador que desee contar con una red de próxima generación en la que converjan todos los servicios demandados por los usuarios, pero a continuación analizaremos los elementos orientados a ofrecer el servicio de IP PBX:

El servicio conocido como 'Business Trunking' conecta centralitas de conmutación (PBX) a la dirección IP pública de la red IMS del operador, al tiempo que proporciona los medios para identificar si el tráfico es de datos o de voz.

EL servicio permite ahorros OPEX en la infraestructura IP, permitiendo voz y datos en la misma conexión. Realiza una serie de tareas valiosas para asegurar la conexión de las empresas que lo comparten. Valida las llamadas PBX origen y facilita el control de la facturación. Está orientado a empresas que dispongan de centralitas PABX ya sean SIP o H.323 que cursen tráfico interno entre distintas sedes del cliente. La red del operador soporta SIP y el interfuncionamiento con H.323. A su vez, los clientes tendrán que disponer de equipos capaces de manejar servicios de telefonía sobre IP (centralitas IP, servidores de llamadas...) y que utilicen protocolo SIP o H.323.

5.2.3.1 CSCF

5.2.3.2 HSS

5.2.3.3 SBC

Proporciona por tanto el acceso a red a los usuarios, y resuelve sus necesidades de conectividad, direccionamiento y enrutamiento. Mediante el servicio BT, no se

Solución IP PBX en una NGN

registran los usuarios en la red, solamente la centralita establece una relación para poder utilizar el núcleo de red. Por este motivo el SBC también se encargará de aportar al núcleo de red la información que necesite sobre un acceso concreto.

La relación que se establece entre el SBC y las IP-PBX: Únicamente la PBX-IP establece dicha relación para utilizar este Núcleo de Red IMS en modo tránsito.

- El SBC posee interfaces virtuales que prestan conectividad a una empresa dentro de la interfaz física.
- Estas interfaces lógicas llevan asociado un direccionamiento dentro de la VPN de la Empresa
- Cada una de las IP PBX, tendrá asignado su direccionamiento IP, dentro de la VPN de la empresa.

5.2.3.4 MGC / MGW

Se encuentran desplegados dos MGW, asociado cada uno a un MGC diferente. Si se establecen llamadas desde la RTC hacia la red IMS el MGC tendría que obtener el dominio que hay que emplear en la 'Request-URI' de SIP INVITE. El resultado es la dirección del I-CSCF tras consultar DNS / ENUM.

5.2.3.5 DNS/ENUM

El DNS/ENUM realiza la traslación de las Tel URL a las SIP URI. Gestiona la BBDD en disco donde se provisionan nuevos datos y su sincronización con las BBDD locales.

Se definen las SIP URI con la forma Prefix1@operador.ims.net para el servicio IGC . También se carga en el HSS estando este perfil definido en el HSS asociado a un 'trigger' que contiene la información de los AS a los que debe disparar.

5.2.3.6 AS

Los AS soportan interfaces que permiten que se obtengan y actualicen campos de una BBDD para los servicios ofertados y enviar datos de tarificación al nodo que maneje el sistema de facturación. [23]

Se encargan de validar al número de llamada entrante y la facturación podrá realizarse según el modelo que se haya establecido.

Generalmente, para el servicio de interconexión para grandes clientes los AS realizan las siguientes acciones:

- Definición de Llamada. Se definen los tipos de tráfico y se asigna un prefijo de operador en función del tipo al que pertenezca.
- Se establecen prefijos de encaminamiento para asignar a cada tipo de llamada un prefijo distinto (utilidad para la gestión de grupo)
 - Restricción de Llamadas: es posible restringir las llamadas, según los tipos de llamada asignados a un grupo o a un usuario.
 - Control de Sesiones Simultáneas: se permite controlar el máximo de sesiones simultáneas establecidas (independientemente de que sean entrantes o salientes).
 - Locuciones: gestiona los mensajes de error que se puedan ocasionar por motivo de congestión, indisponibilidad de servicio, etc. Los errores se tratan mediante mensajes SIP, y se contaría con la intervención del MS en estos casos.
 - Redundancia de SBC: en el AS se configura un FQDN con el fin de que el CSCF pueda enrutar el tráfico a los cluster de SBC's en reparto de carga tras consultar al DNS.

5.2.3.6 MS

Los nodos MS desplegados en la red generan los mensajes de error. Las causas de error se reciben mediante mensajería SIP y el correspondiente mensaje de error asociado a cada mensaje se configura directamente en el MS. Las locuciones las pueden descargar de un AS.

VI. CONCLUSIONES

El presente trabajo de fin de carrera describe qué requerimientos se deben considerar tanto en la red de datos del cliente como en la red del operador para que se pueda implementar la solución IP PBX y esta funcione de manera correcta y acorde a las expectativas tanto del cliente como del operador.

De acuerdo al estudio realizado donde se hizo un análisis de los funcionamientos técnicos de las tecnologías E1 PRI e IP PBX, pudimos corroborar las limitaciones técnicas de E1 PRI y como ya no ofrece las funcionalidades y exigencias necesarias para los clientes en estos tiempos así como a nivel de operador se vuelve tedioso administrar sus plataformas y es un lastre para la modernización de este. En cambio IPPBX brinda la tecnología que cubre los requerimientos que lo clientes solicitan y a nivel de operador se adapta a la evolución natural donde todas las redes convergen en una sola red IP (All IP Networks). Dicho todo lo anterior podemos afirmar que la sustitución de E1 PRI por IP PBX es el camino a seguir en el mundo de las redes de voz a nivel empresarial, inmerso en este ecosistema que tiende a las redes de próxima generación.

VII. RECOMENDACIONES

A este punto, estamos claros de las significativas ventajas que presenta la tecnología IP PBX frente a su predecesora, la tecnología E1 PRI, por tanto, es imprescindible la implementación y/o migración a esta solución como respuesta a los nuevos retos y demandas exigidos por los usuarios. Sin embargo, como hemos explorado, este salto no es responsabilidad solo del cliente o el operador, vemos que ambas partes deben invertir, planear, capacitarse, etc; para poder adoptar esta solución tanto dentro de la “pequeña” red del cliente como de la red del operador, lógicamente, dando ambas partes las facilidades para que estas se interconecten con la mejor comunión posible, facilitadas por los estándares diseñados para estos propósitos.

Este salto evolutivo en redes de telefonía debe hacerse cuanto antes, en un mundo altamente globalizado, en el que las respuesta de la telecomunicación están directamente relacionadas a la productividad de las empresas, la inversión necesaria para esta migración está completamente justificada. El beneficio consiguiente alcanzará tanto a los usuarios, permitiéndoles todas las ventajas de las que hemos hablado con anterioridad en este trabajo, como al operador, haciendo mucho más eficiente la red de ambos.

- [1] U. I. D. TELECOMUNICACIONES, «ITU,» 12 marzo 1993. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-I.120-199303-I/es>. [Último acceso: 19 Abril 2017].
- [2] M. L. G. Murga, «Como mejorar los factores que afectan el buen desempeño de los servicios digitales HDSL e ISDN 128 kps en una red de cobre,» Guatemala, 2003.
- [3] D. I. J. Joskowicz, «CONCEPTOS BASICOS DE TELEFONIA,» Montevideo, 2015.
- [4] B. M. González, «UNAM,» [En línea]. Available: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/157/A4.pdf?sequence=4>. [Último acceso: 18 Marzo 2018].
- [5] Anónimo, «IssabelPBX,» [En línea]. Available: <http://elastixtech.com/fundamentos-de-telefonía/pbx-central-telefonica/>. [Último acceso: 7 Octubre 2017].
- [6] O. E. VALENCIA, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS HARDWARE Y SOFTWARE DE PLANTAS TELEFÓNICAS BASADAS EN VoIP E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE LAS MISMAS SOPORTADA EN SOFTWARE LIBRE,» Pereira, 2008.
- [7] F. J. G. Correa, «Fundación Telefónica,» 13 Septiembre 2006. [En línea]. Available: <https://web.archive.org/web/20070929095811/http://societaddelainformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detalle.jsp?elem=3188>. [Último acceso: 26 Noviembre 2017].
- [8] G. P. Luna Arias, «Diseño de la plataforma VoLTE basado en IMS CORE para la red de la corporación nacional de telecomunicaciones CNT-EP.,» Quito, 2015.
- [9] A. P. Ávila Rosas y N. S. Cevallos López, «. Análisis y diseño de una red IMS (IP MULTIMEDIA SUBSYSTEM) para el proveedor de servicios de internet readynet,» Quito, 2008.
- [10] A. G. LISNIER, «HSS: LA BASE DE DATOS DE LA RED IMS,» Madrid, 2006.

- [11] B. M. González, «Estudio de la Tecnología IMS y Diseño de una Solución de Telefonía Multimedia,» Madrid, 2012.
- [12] A. B. Johnston, SIP, understanding the Session Initiation Protocol, Artech House, 2004.
- [13] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, «IETF,» Network Working Group, Junio 2002. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc3261>. [Último acceso: 20 Junio 2018].
- [14] J.-L. D. y. R. G. Simon ZNATY, «SIP : Session Initiation Protocol,» Madrid, 2005.
- [15] F. A. V. Bravo, «FACTIBILIDAD DE MIGRAR PBX CONVENCIONAL A PBX-IP,» Guatemala, 2012.
- [16] P. D. Linares, «Guía para la toma de decisiones en redes unificadas,» Mendoza, 2007.
- [17] R. Rivera, R. Castañeda y A. Bojórquez, «Consideraciones en la implementación de servicios de voz y video ip,» 2005.
- [18] E. Villatoro, «Telefonía ip, como solución con grandes,» Guatemala, 2007.
- [19] E. G. Valladares González, «Análisis de costos, seguridad y desempeño de la implantación de la telefonía IP en llamadas a larga distancia en Guatemala.,» Guatemala, 2006.
- [20] J. Molina Vizcaíno, «Implementación de servicios voip sobre asterisk.,» Catalunya, 2006.
- [21] F. A. Román Lois, «Plan de negocios para una empresa que ofrece servicios de telefonía por internet.,» Santiago de Chile, 2007.
- [22] M. Poikselka, G. Mayer, H. Khartabil y A. Niemi, The IMS IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain, West Sussex, 2004.
- [23] Huawei, «Descripción general del IMS,» 2012.